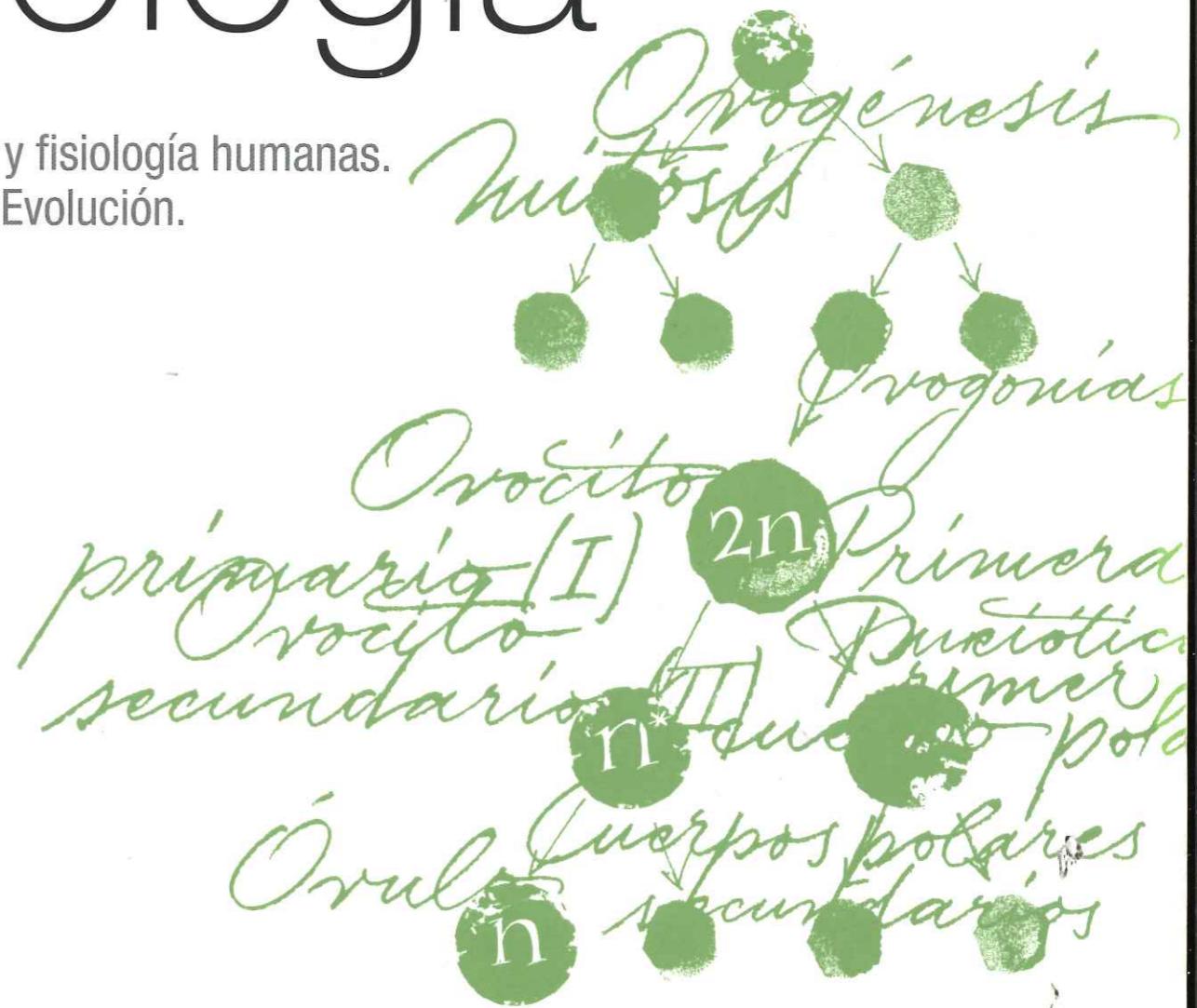


Biología

Anatomía y fisiología humanas.
Genética. Evolución.



Agustín Adúriz-Bravo

María Gabriela Barderi

Daniel O. Bustos

Débora J. Frid

Patricia M. Hardmeier

Hilda C. Suárez



ISBN 978-950-46-1662-7



9 789504 616627

Santillana
Perspectivas

BIOLOGÍA. Anatomía y fisiología humanas. Genética. Evolución.

Santillana
Perspectivas

Santillana
Perspectivas

Biología

Anatomía y fisiología humanas.
Genética. Evolución.

2016

TOMÁS
AUILA 3-D

FMR CO
MSUNO
GOTO
MANLOS
40

Santillana
Perspectivas

Stefi
Schinner
3-D

La realización artística y gráfica de este libro ha sido efectuada por el equipo de EDICIONES SANTILLANA S.A., integrado por:

Coordinación de arte: Mariana Valladares.
Tapa: Mariana Valladares y Silvana Caro.
Diagramación: Alejandra Mosconi.
Ilustración: Roballos-Naab (caligrafía de tapa), Fernando Falcone, Manuel Loís, Marcelo Regalado y Daniel Witchinson.
Documentación fotográfica: Laura Peña, Macarena Ayestarán, Patricio Calvo, Ariadna Demattei y María Angélica Lamborghini.
Fotografía: Alejandro J. Balbiano, Malena Blanco, Ricardo Cenzano Brandon, Archivo Clarín, Daniel Fitter, Daniel Jurjo, José Francisco Ortega Viota, Pablo Picca, Télam, Annemieke Van Damme y Archivo Santillana.
Agradecimientos: África Club, Biosidus, Criadero Von Wallsal y Fundación Benaim.
Corrección: Paulina Sigaloff.
Preimpresión: Miriam Barrios, Marcelo Fernández, Gustavo Ramírez, Maximiliano Rodríguez, Omar Tavalla y Nicolás Verdura.
Subgerencia de producción industrial: Gregorio Branca.

Biología

Anatomía y fisiología humanas.
Genética. Evolución.

Biología. Anatomía y fisiología humanas. Genética. Evolución
–Serie Perspectivas– es una obra colectiva creada y diseñada en el Departamento Editorial de Ediciones Santillana, bajo la dirección de Herminia Mérega, por el siguiente equipo:

Agustín Adúriz-Bravo | María Gabriela Barderi
Daniel O. Bustos | Débora J. Frid | Patricia M. Hardmeier
Hilda C. Suárez | Alejandro J. Balbiano (*Nuestra gente*)

Editora: Paula L. Sabbatini
Editora sénior: Patricia S. Granieri
Coordinación editorial: Mónica Pavich
Subdirección editorial: Lidia Mazzalomo

Este libro no puede ser reproducido total ni parcialmente en ninguna forma, ni por ningún medio o procedimiento, sea reprográfico, fotocopia, microfilmación, mimeógrafo o cualquier otro sistema mecánico, fotoquímico, electrónico, informático, magnético, electroóptico, etcétera. Cualquier reproducción sin permiso de la editorial viola derechos reservados, es ilegal y constituye un delito.

© 2006, EDICIONES SANTILLANA S.A.
Av. L. N. Alem 720 (C1001AAP),
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

Biología : Anatomía y fisiología humanas. Genética. Evolución. / Agustín Adúriz-Bravo ... [et.al.]. - 1a ed. 7a reimpr. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Santillana, 2014.
288 p. ; 28x22 cm.
ISBN 978-950-46-1662-7
1. Biología-Enseñanza Media. I. Adúriz-Bravo, Agustín
CDD 570.712

ISBN: 978-950-46-1662-7
Queda hecho el depósito que dispone la Ley 11.723.

Impreso en Argentina. Printed in Argentina.
Primera edición: octubre de 2006
Séptima reimpresión: noviembre de 2014

Este libro se terminó de imprimir en el mes de noviembre de 2014, en FP Compañía Impresora, Beruti 1560, Florida, Buenos Aires, República Argentina.

Santillana
Perspectivas

Índice

Sección I

La construcción del conocimiento científico

8

Capítulo 1 La ciencia ¿es o se hace?

- ayer La discusión: racionalistas contra empiristas 10
- hoy Pensar sobre la ciencia 11
- El Golem: una metáfora sobre la ciencia 11
- Se hace camino al andar 12
- Conjeturas audaces 13
- Un problema científico 13
- Modelo para armar 14
- Diferentes modelos para un objeto 14
- Sólo sé que nada sé 15
- Dos modelos en busca de la verdad 15
- Actividades finales 16

Capítulo 2 La biología tiene un antes y un después

- ayer Érase una vez la biología 18
- hoy El siglo de la biología 19
- La biología "en funcionamiento" 20
- Disputas entre biólogos 21
- Grandes ideas sobre lo pequeño 22
- El ADN, la molécula de la vida 23
- Desde la biología del siglo xix... 24
- ...hasta la biología del siglo xxi 25
- Actividades finales 26

Nuestra gente

- Una nueva forma de ver la ciencia
- Entrevista al Dr. Pablo Kreimer

Sección II

Los sistemas vivientes

30

Capítulo 3 Un ser vivo: un sistema

- lejos La vida en el espacio exterior 32
- cerca La vida en el fondo del mar 33
- Los seres vivos como sistemas 34
- ¿Qué es un sistema abierto? 34
- Flujo de la energía y ciclo de la materia 35
- Cómo se aprovecha la energía solar en la Tierra 35
- Las características de los seres vivos 36
- Una cuestión de organización 38
- Niveles de organización de la materia 39
- Actividades finales 40

Capítulo 4 Composición química de los seres vivos

- ayer De los cuatro humores a los cuatro nucleótidos 42
- hoy Del ADN al OGM 43
- Los principales componentes de los seres vivos 44
 - Funciones de las biomoléculas 45
 - El agua en los seres vivos 46
 - Los minerales 47
 - Las vitaminas 47
 - Las proteínas 48
 - Un dipéptido que endulza 48
 - Los ácidos nucleicos: ADN y ARN 50
 - Estructura del ADN y del ARN 50
 - Los hidratos de carbono 52
 - Los lípidos 53
- Actividades finales 54

Capítulo 5 Estructura y metabolismo celular

- ayer Descubrimientos gastronómicos 56
- hoy Pan, cerveza, y... ¿calambres? 57
- Las células, una visión integral 58
- Las células eucariotas 59
- El metabolismo celular 60
 - El ATP y el transporte de energía 60
 - Las enzimas, catalizadores biológicos 61
 - Queso y biotecnología 61
 - Las sustancias entran y salen de la célula 62
 - La membrana plasmática 62
 - Los mecanismos de transporte 63
 - Transporte pasivo 63
 - Diferentes soluciones 63
 - Transporte activo 64
 - Metabolismo en autótrofos y en heterótrofos 65
 - Alimentación y fotosíntesis 65
 - Respiración celular y fermentación 66
 - La fermentación industrial 66
 - Las células se renuevan 67
 - La división celular 67
- Actividades finales 68

Capítulo 6 De la célula al organismo complejo

- ayer ¿Pura ciencia ficción? 70
- hoy Bancos de piel y células madre 71
- La diversidad de células 72
- Las células se organizan en tejidos 73
- Los tejidos forman órganos 74
- Los sistemas de órganos y su integración 75
- Actividades finales 76

Nuestra gente

- Células madre, en ellas está el futuro
- Entrevista a la Dra. Ana del Pozo

78

- Un sistema especial: el sistema porta hepático 116
- La circulación en los animales 117
- Actividades finales 118

Capítulo 10 La excreción

- ayer Cuando el mar se convierte en un gran desierto 120
- hoy Cuando el mar se transforma en un gran aliado 121
- Los órganos excretores 122
- Beber para no perder 122
- El sistema urinario 123
 - ¿Cómo se forma la orina? 124
- La excreción en los animales 125
- Actividades finales 126

Nuestra gente

- Nutrición saludable, algo más que comer bien 128
- Entrevista a las Dras. Miriam Tonietti y Diana Pasqualini

Sección III

La nutrición en el ser humano

82

Capítulo 7 La digestión

- ayer Un largo camino 84
- hoy Un camino que continuó con serios cuestionamientos 85
 - Alimentos y nutrientes 86
 - Lípidos saturados e insaturados 86
- El proceso digestivo 87
 - Empieza la digestión: la boca 88
 - ¿Qué sucede en el estómago? 89
 - El intestino delgado 90
 - El páncreas 90
 - El hígado 91
 - Absorción en el intestino delgado 91
 - El final de la digestión 92
- Gases molestos 92
- Digestión, absorción y transporte 93
- Nutrición y salud 94
- La digestión en los animales 95
- Actividades finales 96

Capítulo 8 La respiración

- ayer Yo ronco, tú roncas, él se despierta 98
- hoy ¿Por qué se produce el ronquido? 99
- Nutrientes, oxígeno y energía 100
- El ATP se presenta al mundo 100
- La respiración en los animales 101
- El sistema respiratorio humano 102
 - La mecánica respiratoria 103
 - La hemostasis 104
- Superficie es lo que sobra 104
 - La hemoglobina, una proteína muy especial 104
- El asesino invisible 105
- La respiración celular 106
- La respiración celular aeróbica 107
- Actividades finales 108

Capítulo 9 La circulación

- ayer ¿Sangre roja o sangre azul? 110
- hoy Príncipes de sangre roja y "locos" de sangre azul 111
 - La sangre 112
 - La coagulación sanguínea 113
 - ¿Qué son los anticoagulantes? 113
 - El corazón 114
 - Los vasos sanguíneos 115
 - Los circuitos vasculares 116

Capítulo 11 Recepción de estímulos

- ayer Los anteojos tienen su historia... y los audífonos también 134
- hoy Implantes de "ciencia ficción" para tratar la ceguera. Permiten revertir la sordera profunda 135
- Los receptores sensoriales 136
- ¿Qué son las sensaciones? 136
- Quimiorrecepción: el gusto y el olfato 137
- ¿A qué se debe el olor de las sustancias? 137
- Fotorrecepción: la vista 138
- El cine y la visión 138
 - Formación de imágenes 139
 - La necesidad de usar ambos ojos 139
- Mecanorrecepción: el oído 140
- Mantener el equilibrio 141
- Mecanorrecepción y termorrecepción: el tacto 142
- Conocer el mundo sin ver ni oír 142
- Receptores en los animales 143
- Actividades finales 144

Capítulo 12 Control, regulación e integración de funciones

- ayer Dime cómo es tu cráneo y te diré cómo eres. Mapas cerebrales y algo más 146
- hoy Imágenes del cerebro en acción. Los sistemas de control del organismo 148
- Mensajeros y receptores, como llaves y cerraduras 148
- El control nervioso 149
 - Las neuronas y las células gliales 150

La transmisión del impulso nervioso	150	El estilo de vida	185
El sistema nervioso central	151	Las características del ambiente	185
El sistema nervioso periférico	152	La atención sanitaria	185
El control endocrino	153	La humanidad y las infecciones	186
Diferentes tipos de glándulas	153	Ambiente, calidad de vida y salud	187
Funciones de las hormonas	154	La salud pública, una cuestión de todos	188
Colesterol, malo pero no tanto	154	Acciones de salud pública	189
Mecanismos de acción hormonal	155	Actividades finales	190
Control de la producción hormonal	155		
El control neuroendocrino	156		
Control e integración de funciones en los seres vivos	157		
Actividades finales	158		
Capítulo 13 Sostén y movimiento			
ayer La traumatología tiene su historia	160		
hoy La tecnología al servicio de la traumatología	161		
La función de sostén en el reino animal	162		
El esqueleto en los vertebrados	163		
La notocorda	163		
El esqueleto humano y las cavidades corporales	164		
Los huesos	165		
Estructura ósea	165		
Células óseas y crecimiento de los huesos	166		
Osteoclastos, calcio y osteoporosis	166		
Funciones de los huesos	166		
Las articulaciones	167		
Los músculos, propulsores del movimiento	168		
La contracción muscular	168		
Clasificación y acción de los músculos esqueléticos	169		
Actividades finales	170		
Capítulo 14 Las defensas del organismo humano			
ayer El hallazgo que cambió la historia de la medicina: la penicilina	172		
hoy Cuando los antibióticos dejan de ser efectivos	173		
Las defensas del organismo	174		
Las defensas inespecíficas	174		
¿Qué es la inflamación?	175		
Las defensas específicas	175		
El sistema inmunológico y la respuesta inmune	176		
¿Qué es la linfa?	176		
Inmunidad y memoria inmunológica	177		
Antígenos y anticuerpos	177		
La respuesta inmune primaria	178		
La respuesta inmune secundaria	179		
Aliados inmunitarios: vacunas y sueros	179		
Actividades finales	180		
Capítulo 15 Población humana y salud			
ayer Vacunas y vacunos	182		
hoy De las vacas a las vacunas comestibles	183		
La salud, un asunto complejo	184		
Las características del organismo	184		
Sección V			
La continuidad de la vida	194		
Capítulo 16 Reproducción, crecimiento y desarrollo			
lejos Los rituales	196		
cerca Tribus en la sociedad moderna	197		
Desarrollo y hormonas sexuales	198		
La formación de gametas: óvulos y espermatoides	199		
El sistema reproductor humano	199		
Estructura y función del sistema reproductor masculino	200		
Algunos datos sobre los espermatoides	200		
Sistema reproductor masculino	201		
Estructura y función del sistema reproductor femenino	202		
Sistema reproductor femenino	203		
El ciclo menstrual	204		
Fecundación y embarazo	205		
Crecimiento y desarrollo	206		
De embrión a adolescente	206		
Anticoncepción y prevención de ETS	207		
Hay métodos y métodos	207		
Infertilidad y reproducción asistida	207		
Actividades finales	208		
Capítulo 17 Genética y herencia			
ayer ¿Cuántos años cumplió la genética?	210		
hoy Un banco que invierte en ADN	211		
¿Qué estudia la genética?	212		
Mendel y los comienzos de la genética	213		
Los factores de Mendel	214		
La genética moderna	215		
Los cromosomas y la herencia	216		
El Proyecto Genoma Humano	216		
De los genes a las proteínas	218		
El código genético universal	219		
Las mutaciones	219		
Actividades finales	220		

Capítulo 18 Biotecnología			
ayer Bacterias aliadas de la humanidad	222		
hoy La biotecnología también juega en el Mundial	223		
La biotecnología tradicional y la moderna	224		
La biotecnología moderna	225		
lavado la ropa en condiciones extremas	225		
"Receta" básica de un experimento de ingeniería genética	226		
Biotecnología y mejoramiento de cultivos	227		
Cultivos transgénicos en la Argentina	228		
Los alimentos transgénicos	228		
Biotecnología y salud	229		
Biotecnología y ambiente	229		
Actividades finales	230		
Capítulo 20 Evolución del ser humano			
lejos Origen de la humanidad y población del "Viejo Mundo"	250		
cerca Poblamiento americano	251		
Rastreando el origen humano	252		
Nuestros "parientes" más cercanos	252		
Los grandes simios	253		
Bonobos: no tan famosos, pero muy interesantes	253		
Los homínidos	253		
Evolución de los homínidos	254		
La hominización: ¿ramas o eslabones?	255		
Buenos vecinos	255		
Surgimiento del hombre moderno	255		
Aspectos culturales en la evolución humana	256		
Explicaciones de la ciencia	257		
Darwinismo social y otras posturas reduccionistas	257		
¿Existen las razas humanas?	257		
Actividades finales	258		
Nuestra gente			
Hablemos sobre biotecnología	232		
Entrevista al Dr. Alberto Kornblith			
Sección VI			
Origen y evolución de la especie humana	234		
Capítulo 19 Las teorías evolutivas			
ayer El Popol Vuh, una explicación del origen	236		
hoy Cread y multiplicao	237		
Evolucionar es cambiar	238		
El origen de los seres vivos	238		
La evolución química	239		
Sin oxígeno ni ozono	239		
La Tierra primitiva en el laboratorio	240		
¿Somos extraterrestres?	240		
Indicios de las primeras células	240		
La teoría de la evolución, algo de historia	241		
Desde la Grecia antigua	241		
La Naturaleza, según Aristóteles	241		
Fijistas y transformistas	241		
La evolución según Lamarck	242		
Trabajar con documentos			
Glosario	265		
Índice analítico	279		
Índice onomástico	283		
Fuentes	288		
Diarios			
Internet			
Libros			
Revistas			

Guía iconográfica del libro

-  Actividades
-  Entrevistas
-  Biografías
-  Hoja de vida
-  Además
-  Textos de profundización
-  Vínculos

Sección I

La construcción del conocimiento científico



Capítulo 1 La ciencia ¿es o se hace?

10

Camino a la ciencia. ¿Cómo se hace? Registrar, procesar, analizar, concluir, comunicar... ¡Evidente! Cada cual con su método. ¿Cómo te explico? ¡Necesito una hipótesis! Queremos pruebas. Modelos científicos. ¿Estás seguro? La ciencia evoluciona y revoluciona.



Capítulo 2 La biología tiene un antes y un después

18

Biología, ¿qué?, ¿cómo? Una cuestión de método. ¿No caut a la generación espontánea? Teoría celular. Descifrando la clave de la vida. Darwin y la evolución. La herencia de Mendel. Mucho más para ver. Biología molecular. Ciencia con ética.



Nuestra gente Una nueva forma de ver la ciencia

28

¡Un sociólogo ahí! Y un poco de historia también. Público y privado. ¿Quién decide qué? El sociólogo **Pablo Kreimer** nos cuenta estas y muchas otras cosas sobre la relación entre ciencia y sociedad.



Los científicos crean modelos para capturar algunos aspectos de los fenómenos, sistemas, objetos o procesos que estudian. Y esos modelos se pueden expresar en diferentes lenguajes. En la imagen, por ejemplo, hay dos modelos de VIH (virus del sida): una maqueta y una fotografía obtenida con un microscopio electrónico y coloreada artificialmente.

Capítulo 1

La ciencia ¿es o se hace?



ayer

→ hoy

La discusión: racionalistas contra empiristas. Durante los siglos XVII y XVIII, diversos pensadores europeos se interesaron por desentrañar los fundamentos de la metodología de la ciencia. Querían saber cuáles eran los procedimientos y las estrategias responsables de sus importantes triunfos intelectuales. Por ejemplo, cómo surgió la nueva física propuesta por Isaac Newton, que permitió explicar y predecir gran cantidad de fenómenos enigmáticos y desafiantes, como los movimientos de la Luna y los planetas, y las mareas, entre otros.

¿Cómo se llega a estas ideas? ¿En qué se fundamenta el conocimiento científico? ¿Se comienza por las ideas o por los hechos? Éstas eran algunas de las preguntas que desvelaban a los filósofos de esas épocas. A uno y otro lado del Canal de la Mancha se fueron gestando dos corrientes opuestas. En Francia, los **racionalistas**, sucesores de René Descartes, y en Inglaterra, los **empiristas**, de los cuales David Hume fue uno de sus representantes más destacados.

Los racionalistas identifican la **razón** humana (las ideas, el pensamiento, la lógica) como la fuente privilegiada del conocimiento fiable. Según esta corriente sabemos cosas respecto del mundo porque somos capaces de pensar acerca de él en forma abstracta y disponemos de ideas, que de algún modo, se apoyan en categorías evidentes o indiscutibles. Un método de razonamiento riguroso permite alcanzar la verdad.

Los empiristas, por su parte, consideran la **experiencia** (los hechos, lo observable) como fuente principal del conocimiento. Para ellos, si sabemos algo sobre el mundo es porque inicialmente lo hemos registrado con nuestros sentidos y a partir de estas primeras sensaciones hemos podido establecer regularidades y mecanismos para explicarlo.

El debate entre ambas maneras de ver la ciencia se prolongó por mucho tiempo. A comienzos del siglo XX surgió en Austria el primer grupo de universitarios dedicados a estos temas, que se conoció como el **Círculo de Viena**. Estos pensadores buscaron recuperar lo más valioso del racionalismo y del empirismo como posturas sobre la ciencia. Para ellos, la observación y la experimentación tenían un papel fundamental en la generación del conocimiento científico, pero también destacaron el rol del pensamiento, de la lógica y del lenguaje en la construcción y sistematización de las teorías que explican el mundo que nos rodea.



René Descartes (1596-1650). Filósofo, matemático y científico francés. En 1637 se publicó su libro *Discurso del método*, del cual proviene la célebre frase "Pienso, luego existo".

David Hume (1711-1776). Filósofo, historiador y economista escocés. En su obra *Tratado de la naturaleza humana*, publicada en 1738, expone sus ideas empiristas e inductivistas (la observación proporciona una base a partir de la cual se derivan leyes y teorías que constituyen el conocimiento científico).

▲ Fig. 1-1. René Descartes.

▲ Fig. 1-2. David Hume.

Pensar sobre la ciencia. En la actualidad existen muchas disciplinas científicas que tienen por objeto de estudio otras ciencias! Estas disciplinas se conocen como **metaciencias**, es decir que son *ciencias sobre las ciencias*. Algunas metaciencias muy activas y difundidas son la epistemología, la historia de la ciencia y la sociología de la ciencia.

Las metaciencias surgen de la capacidad que tenemos los seres humanos de reflexionar sobre nuestras propias actividades. Podemos, por ejemplo, pintar un cuadro o jugar un partido de fútbol, y también pensar en cómo lo hacemos y comunicarlo a los demás (como hacen un crítico de arte o un relator deportivo). De la misma manera somos capaces de hacer ciencia (investigar, descubrir, inventar) y de analizar críticamente nuestro trabajo científico, cómo lo realizamos, a qué resultados llegamos, e incluso reformular teorías a partir de los nuevos conocimientos.

- La **epistemología** busca, sobre todo, respuestas para la pregunta *qué es la ciencia*: cómo se genera, cuáles son sus métodos, en qué se diferencia de otras actividades humanas. También estudia algunas cuestiones como qué relación se establece entre la realidad y lo que la ciencia dice sobre ella, o cuál es el grado de validez del conocimiento científico.
- La **historia de la ciencia** se ocupa de responder la pregunta *cómo cambia la ciencia a lo largo del tiempo*. Para ello examina los descubrimientos y las invenciones, se interesa por las vidas de los grandes científicos de todas las épocas y se introduce en las comunidades donde se hace ciencia.
- La **sociología de la ciencia**, por su parte, investiga *cómo se relaciona la ciencia con la sociedad*: cómo es influida y a la vez influye sobre la cultura, la economía, la política, la religión. Esta metaciencia se propone interpretar el comportamiento de los científicos como grupo social, y tiene en cuenta sus actitudes e intereses.

profundización

El Golem: una metáfora sobre la ciencia. Un ejemplo reciente y destacado de la sociología de la ciencia se atribuye a los investigadores británicos Harry Collins y Trevor Pinch. En uno de sus libros, publicado en 1993, plantean una metáfora sugerente para entender la ciencia. Según una antigua leyenda, a fines del siglo XVI, en Praga, el rabino Löw fabricó el **Golem** (figura 1-3), una criatura artificial hecha de barro, para que lo ayudara en las tareas de limpieza de la sinagoga. Este Golem, un ser gigantesco, desgarbado y torpe, era activado cuando se le introducía en su boca un pergamino que tenía escrito el verdadero nombre de Dios. La misma leyenda cuenta que un sábado el rabino olvidó retirarle el pergamino, el Golem se descontroló y destruyó todo lo que encontraba en su camino. Para los sociólogos Collins y Pinch, la ciencia es un "artificio" útil, pero fuera de control puede poner en riesgo a la humanidad.



▲ Fig. 1-3. Según la leyenda, el Golem es un humanoide artificial que obedece a su creador.

1. El filósofo David Hume decía que todas nuestras ideas (llamadas por él "percepciones débiles") derivan de nuestras impresiones sensoriales ("percepciones fuertes"), y que no podemos pensar en nada que antes no hayamos visto o sentido fuera de nosotros. Teniendo en cuenta esto, resolvé las actividades que siguen.

- a) La cuestión de la que se ocupa Hume,

¿es epistemológica, histórica o sociológica?
Fundamentá tu respuesta.

- b) Indicá, en la frase de la consigna, las expresiones que permitirían afirmar que Hume pertenece a la corriente empirista y explica por qué.
c) Usando las ideas de Hume, ¿cómo te parece que se genera el concepto de "célula" en la biología?

=

S

Capítulo 1

Se hace camino al andar

Podemos entender la ciencia, en forma muy general, como un conjunto de **conocimientos** sobre el mundo, creados por la humanidad y que están a disposición de las personas. Estos conocimientos *van cambiando a lo largo del tiempo*, aumentan y se perfeccionan, de modo que hoy sabemos muchas más cosas acerca del mundo que nos rodea que hace algunos siglos, y somos capaces de intervenir sobre él con mayor profundidad y eficacia.

C Pediles a tus padres o a tus abuelos que nombren algún descubrimiento científico o tecnológico del que hoy tengan noticia y que no estuviera disponible cuando ellos estudiaban en la escuela. Por ejemplo: los análisis de ADN, las ecografías, la informática. A partir de las respuestas obtenidas diseñen entre todos una lista de los conocimientos logrados en las últimas décadas.

También podemos interpretar la ciencia como una actividad humana similar a tantas otras: el comercio, el arte, la técnica, el deporte, la religión. La ciencia es producto de la labor de grupos de personas en diversas partes del mundo, que se preguntan sobre problemas que consideran interesantes, los investigan y analizan, proponen, discuten y acuerdan soluciones, crean ideas, lenguajes e instrumentos, y luego comunican lo que saben sobre el mundo a los demás científicos y a la sociedad en general.

Por esto podemos decir que *la ciencia es y se hace*, integra procesos y productos, constituye una **actividad humana** que, con mucho trabajo, genera conocimientos sobre el mundo que nos hacen capaces de actuar sobre él para entenderlo, transformarlo y mejorarlo. Pero, como actividad humana, también está sujeta a errores y desvíos, con consecuencias negativas que seguramente conocés (contaminación, cambio climático, armas de destrucción masiva, discriminación de algunos grupos de personas).

C ¿Por qué te parece que esta página lleva el título "Se hace camino al andar"? Discutilo con tus compañeros.

Hacer ciencia supone poner en marcha procedimientos muy diversos que podrían agruparse en cuatro categorías:

■ Recoger y registrar datos: medir la temperatura de un líquido con un termómetro, analizar con el microscopio la hoja de una planta, fotografiar la Luna a través de un telescopio, realizar un censo nacional, leer los jeroglíficos pintados en las paredes de una tumba, etcétera.

■ Procesar los datos y transformarlos en evidencias: dibujar gráficos, hacer cálculos, construir tablas de datos numéricos, fabricar maquetas a escala, simular procesos, codificar respuestas a un cuestionario, plantear ecuaciones o fórmulas.

■ Analizar las evidencias, sacar conclusiones y emitir juicios: comparar resultados, proponer una analogía entre dos procesos, plantear una suposición, predecir un evento, inventar un concepto teórico.

■ Comunicar lo que se sabe: escribir un artículo científico o un informe de laboratorio, diseñar una red conceptual, presentar una comunicación en un congreso, dictar una conferencia, dar una entrevista para la televisión.

Como se puede notar, los procedimientos científicos son de diferente naturaleza: hay **procedimientos materiales** (pesar, fotografiar, filtrar), **sensoriales** (observar, escuchar), **cognitivos** (analizar, hipotetizar, deducir) y **comunicativos** (escribir, dibujar, debatir). Al empleo de estos procedimientos se lo conoce tradicionalmente como **método científico**. El método no es una serie de pasos sino más bien el uso coherente, articulado y sistemático de una variedad de medios para alcanzar ciertos fines, que son los objetivos que se plantean los científicos en sus investigaciones.

C Existen diversas concepciones de lo que es el método científico, según las épocas y los autores. Observá la figura 1-4. Luego buscá en libros otros diagramas y comparalos con éste.

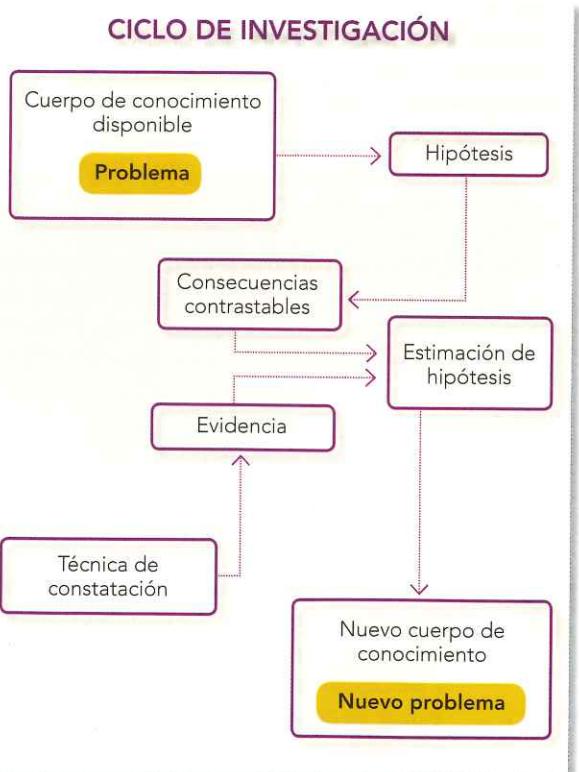


Fig. 1-4. El diagrama representa una posible concepción epistemológica del método científico.



Evidencias de la evolución:
capítulo 19.

Conjeturas audaces

Cuando pensamos en la ciencia se nos vienen a la cabeza muchas palabras: hipótesis, teoría, experimento, verificación, evidencia, objetividad, que suelen estar asociadas al trabajo de los científicos. La ciencia implica una enorme cantidad de estrategias y procedimientos; es sensato pensar que tal vez las formas de proceder no sean iguales para diferentes disciplinas científicas (la física, la biología, la sociología o la lingüística parecen en principio muy distintas), para las diferentes ramas de una ciencia (en el caso de la biología: la zoología, la botánica, la biología molecular o la ecología, por ejemplo), o incluso para diferentes tipos de investigaciones. Por ejemplo, en una ciencia como la astronomía es difícil plantear "experimentos" en el sentido usual del término, porque las enormes escalas de tiempo y espacio que tiene el cosmos son inmanejables para los seres humanos. Algo similar ocurre cuando se estudian procesos evolutivos ocurridos hace millones de años. Sin embargo, es posible emplear procedimientos particulares, como el análisis de ADN o el registro fósil, que permiten sacar conclusiones.

Pero, ¿habrá algunos rasgos fundamentales que caractericen la ciencia y permitan diferenciarla de otras actividades humanas?

En primer lugar, los científicos se hacen **preguntas** sobre el mundo. Estas preguntas son versiones más elaboradas de cuestiones que a los seres humanos nos intriguen en nuestra vida cotidiana. Por ejemplo, ¿cómo puede un avión levantar vuelo?, ¿cuál es el proceso por el cual el jabón ayuda al agua a quitar las manchas?, ¿cómo es que los hijos se parecen a sus padres?, ¿por qué me olvido de un número de teléfono que me dictan si no lo anoto inmediatamente?

A partir de las preguntas, los científicos elaboran intentos de respuesta utilizando su creatividad y sus conocimientos previos; hacen comparaciones, inferencias y reconstrucciones de lo que puede estar pasando. Estas respuestas preliminares constituyen suposiciones o **conjeturas** que deben ser sometidas a prueba y se conocen como **hipótesis**.

Con las hipótesis se elaboran **explicaciones y predicciones** y se abren rumbos de acción para seguir. Los científicos razonan de la siguiente manera: "Si suponemos tal o cual idea, entonces debería pasar tal o cual cosa". Con este tipo de razonamientos se pueden diseñar **intervenciones sobre la realidad** (observaciones, experimentos, simulaciones) que permiten poner a prueba si se va por el buen camino. Ésta es una forma de ir ajustando las ideas, que se van proponiendo, con el comportamiento del mundo real, para mejorarlas y hacerlas más eficaces y útiles.



Fig. 1-5. Algunos científicos han propuesto la hipótesis de que la caída de un meteorito pudo ser la causa de la extinción de los dinosaurios.

Modelo para armar

En la página anterior esbozamos tres componentes de la **actividad científica**:

- *hacerse preguntas sobre el mundo*, de acuerdo con los intereses, los saberes y las expectativas de una época y una cultura determinadas;
- *elaborar respuestas provisorias*, creativas e ingeniosas, ajustadas a lo que se sabe y a las limitaciones que impone la realidad;
- *intervenir sobre el mundo* observando, experimentando y provocando nuevos fenómenos, de modo de ajustar las respuestas, enriqueciéndolas, mejorándolas y en ocasiones descartándolas, cuando dejan de funcionar en forma satisfactoria.

Como resultado de la actividad científica se obtiene el **conocimiento científico**, en el cual se destacan los llamados **modelos**.

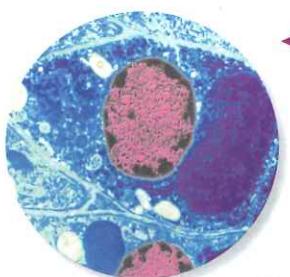
En la vida cotidiana, la palabra modelo tiene dos sentidos diferentes: decimos que “alguien posa como modelo para un pintor” o que “un autito de juguete es un modelo del original”. En el primer caso, el modelo es una **parte de la realidad** que sirve de “original” o de “arquetipo” para elaborar una recreación sobre él. En el

segundo caso, el modelo es una **representación** (esquematización, abstracción) hecha sobre algún objeto de la realidad.

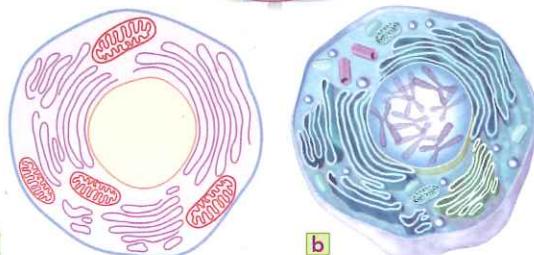
La idea de modelo científico contiene un poco de ambos significados. Por una parte, es una representación simplificada de algún objeto, sistema, fenómeno o proceso, hecha para responder determinadas preguntas. Por otra parte, el modelo funciona como “ejemplo” para construir nuevos modelos y continuar investigando.

Podemos pensar que los modelos científicos funcionan como “mapas” del mundo real. Capturan algunos aspectos relevantes de los sistemas y procesos que los científicos estudian, pero no son una copia fiel de ese mundo sino una creación realizada para recoger algunas características interesantes de lo que se está analizando.

Otro aspecto importante de los modelos científicos, que los hace útiles, es que se pueden expresar usando **diferentes lenguajes**: descripciones, explicaciones, dibujos, fotografías, maquetas, simulaciones, ecuaciones, fórmulas, tablas, etc. *La ciencia se representa el mundo de una forma que es a la vez creativa y rigurosa*, una forma que permite pensar e intervenir sobre él con gran eficacia para conseguir diversos objetivos.



▲ Fig. 1-6. Microfotografía de células animales.



▲ Fig. 1-7. Ilustraciones de células animales realizadas sobre la base de la microfotografía: a, esquema simplificado; b, ilustración “realista”, con mayor nivel de detalle que el esquema anterior, pero que no deja de ser un “modelo de célula animal”.

c 2. Observá la microfotografía de una célula animal y sus modelos (figuras 1-6 y 1-7) y respondé.

- a) ¿Cuáles son las diferencias?
- b) ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de cada imagen? ¿Con qué objetivos se puede utilizar cada una?



Células:
capítulo 5
Cerebro:
capítulo 1

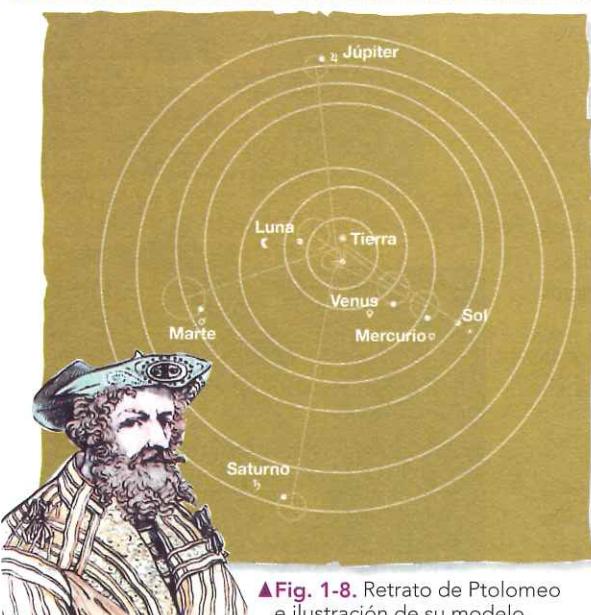
Sólo sé que nada sé

Preguntarse, hipotetizar, experimentar, poner a prueba, comunicar. Todos estos procesos van generando modelos científicos que guían la exploración del mundo real. Los científicos saben que van por el buen camino porque los modelos “capturan” muchas de las características de los fenómenos, permiten construir explicaciones sugerentes y profundas, “pasan la prueba” de los experimentos, posibilitan la realización de predicciones muy precisas, desencadenan la aparición de nuevos fenómenos o la fabricación de instrumentos, y llevan a la transformación de nuestro entorno.

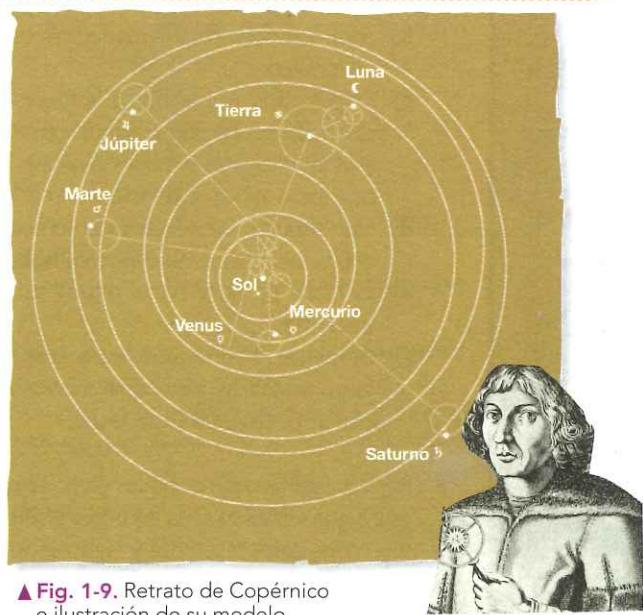
Sin embargo, hemos adelantado que los modelos científicos no constituyen copias del mundo ni son

profundización

No obstante, a su debido tiempo este modelo comenzó a mostrar dificultades: su complejidad geométrica y matemática aumentó, por lo cual los cálculos para elaborar calendarios se fueron haciendo más difíciles y engorrosos, y sus predicciones acerca del comienzo de las estaciones o de la aparición de eclipses comenzaron a ser cada vez más desacertadas. Es así como, en los inicios de la Edad Moderna, el modelo geocéntrico fue perdiendo consenso en la comunidad científica, que comenzó a dudar de él. Paralelamente fue surgiendo un nuevo modelo que le hizo competencia y terminó por reemplazarlo. Fue el **modelo heliocéntrico**, que identifica a la Tierra como un planeta girando alrededor del Sol (figura 1-9), y está asociado a la figura de su gran defensor, el científico Nicolás Copérnico, astrónomo y médico polaco.



▲ Fig. 1-8. Retrato de Ptolomeo e ilustración de su modelo.



▲ Fig. 1-9. Retrato de Copérnico e ilustración de su modelo.

15

Capítulo 1 SÍNTESIS

Aplicación y análisis

3. Respondé las preguntas en tu carpeta.

a) ¿Conocés el nombre de algún científico argentino famoso de ahora o de otras épocas? ¿Cuál es (o era) su especialidad? En caso de no conocer a ninguno, ¿dónde podrías investigar? ¿A quién le preguntarías?

- b) Compara las respuestas a la pregunta anterior con las de tus compañeros. ¿Qué nombres se repiten? ¿A qué se dedican los científicos mencionados?
- c) ¿Conocés personalmente a alguien que se dedique a la ciencia? ¿Quién es? ¿Cuál es su especialidad? Si tu respuesta es no, ¿dónde podrías conocer a un científico o a una científica? ¿Qué les preguntarías?

4. *Critica de la razón pura* es un ensayo publicado en 1781 por el filósofo alemán Immanuel Kant, "fundador" de la corriente denominada **criticismo**. En esta obra, Kant intenta la conjunción del racionalismo y el empirismo, en tanto que *a partir de la experiencia se realizan procesos mentales que ayudan a comprender la realidad*. En consecuencia, la experiencia sensible y la razón se complementan, haciendo que todo conocimiento racional se vea ligado a un conocimiento experiencial.

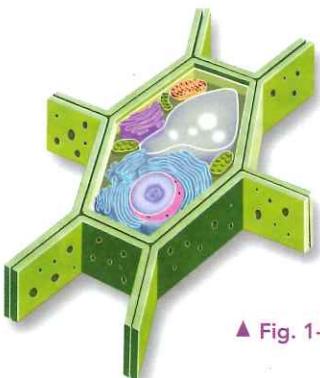
Teniendo en cuenta esta introducción y los contenidos de la página 10, analizá las siguientes frases y determiná a qué corriente de pensamiento (empirismo, racionalismo, criticismo) se atribuían:

- a) El alma es como un papel en blanco que la experiencia cubre poco a poco con los trazos de su escritura.
- b) Todo conocimiento verdadero se basa en el pensamiento.
- c) Empezamos recibiendo de las cosas concretas imágenes sensibles. El intelecto extrae de ellas las imágenes sensibles generales, las recibe y juzga así sobre las cosas.
- d) Las ideas constituyen los elementos básicos del conocimiento: no conocemos sino ideas.
- e) La razón produce por sí misma sus propios materiales.
- f) La mente es como una "tabla rasa" y, por lo tanto, todas las ideas que encontramos en ella proceden de la experiencia.

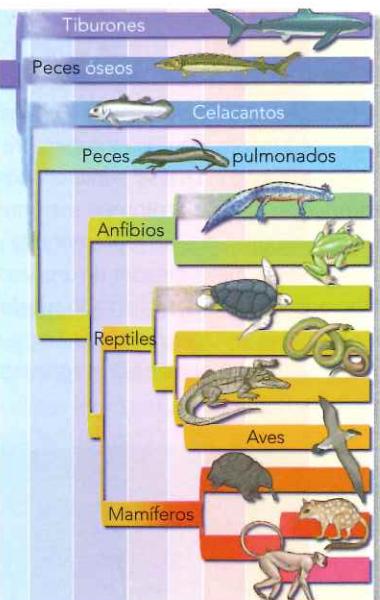
5. Repasá alguna experiencia de Ciencias naturales que hayas realizado en la escuela y analizá cuáles fueron los datos recogidos y registrados durante el trabajo experimental, cuáles fueron los resultados y cómo se representaron, a qué conclusiones

llegaste y cuál fue el modo de comunicarlas. Retomá para ello los procedimientos de la ciencia expuestos en la página 12. ¿Qué objetivo se perseguía con esa experiencia? ¿Pudiste alcanzarlo? Explicá tu respuesta.

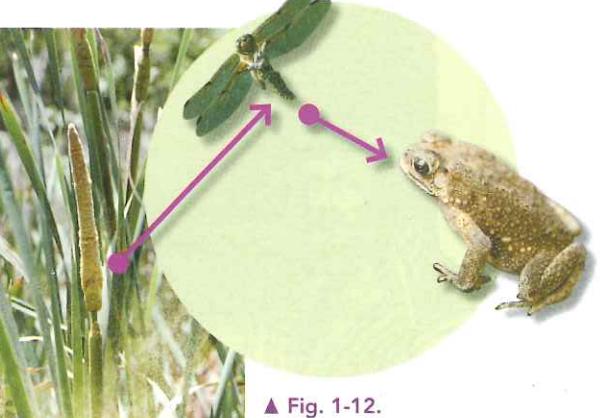
6. Las siguientes imágenes representan modelos empleados en biología. Analizá cada una y respondé las preguntas.



▲ Fig. 1-10.



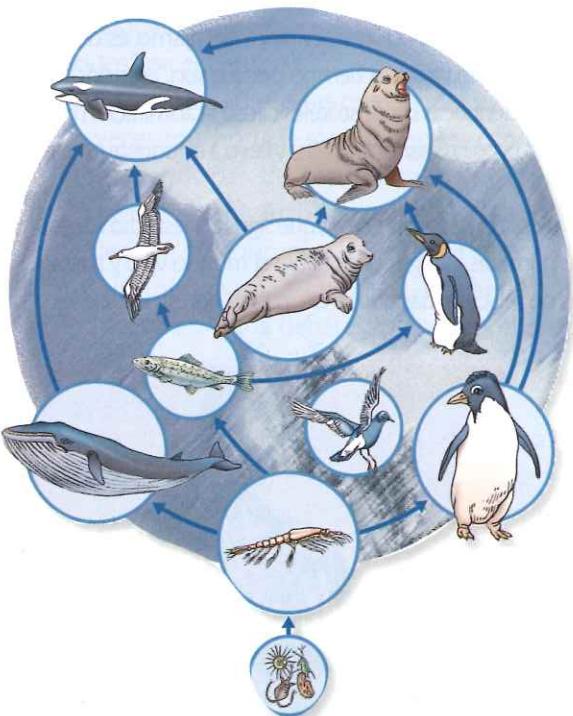
▲ Fig. 1-11.



▲ Fig. 1-12.

- a) ¿De qué modelos se trata?
 b) ¿Qué objetos, fenómenos o procesos de la realidad representa cada uno?
 c) ¿Qué preguntas permiten responder?
 d) ¿Qué otros estudios se podrían realizar a partir de estos modelos?

7. Analizá la figura 1-13, que es un modelo científico proveniente de la biología, que se conoce como *red trófica*. ¿Qué características de la red trófica te permitirían afirmar que es un modelo? ¿Qué preguntas intenta responder?



▲ Fig. 1-13. Red trófica en el ecosistema antártico.

Organización de la información

8. Teniendo en cuenta lo visto en este capítulo, ¿cuáles de los siguientes términos asociarías al "método científico"? ¿Por qué?

- **rígido**
- **infalible**
- **intervención en el mundo**
- **científicamente comprobado**
- **evidencias**
- **comunicación de resultados**
- **uso de procedimientos**
- **hipótesis**
- **representación verdadera de la realidad**

Elegí dos de los términos que para vos se relacionan con el método y construí dos frases completas que vinculen esos términos con "método científico".

Investigación

9. En pequeños grupos (entre tres y cinco compañeros) elijan uno de los pueblos de la Antigüedad (egipcios, asirios, caldeos, babilonios, indios, chinos, aztecas, mayas) y busquen información sobre la cosmología sostenida por ese pueblo.

Inventen una forma de organizar y jerarquizar la información de modo tal que sean capaces de:

- a) contar a sus compañeros lo más relevante que encontraron en cinco minutos;
 b) elaborar una imagen que describa cómo se imaginaba el Universo ese pueblo;
 c) comparar algunos rasgos centrales con las cosmologías de los otros grupos (por ejemplo: forma de la Tierra).

10. Reunite con tu grupo y recolecten material de distintas fuentes (Internet, diarios y revistas, encyclopedias, libros) acerca del Golem.

- a) ¿Cómo describirían a esta criatura?
 b) En el diario Clarín encontrarán que el Golem también protagoniza una leyenda porteña. ¿Qué se dice de él en la nota?
 Buscalo en Clarín.com, 27.03.2005 [en línea]. La Ciudad, "Leyendas de Buenos Aires". www.clarin.com/diario/2005/03/27/laciudad/h-05001.htm
 c) ¿En qué sentidos puede la ciencia "descontrolarse" como el Golem?

11. En pequeños grupos (entre tres y cinco compañeros), recolecten material de Internet y elaboren un pequeño informe sobre la extinción de los dinosaurios a causa de la caída de un meteoro, para presentar a la clase. Pueden tratar las siguientes cuestiones:

- a) ¿Quiénes propusieron la hipótesis del meteoro? ¿Cuándo fue?
 b) ¿Con qué nombre(s) se conoce esta hipótesis en el mundo científico?
 c) ¿Qué dificultades encontró su puesta a prueba?
 d) ¿Sigue vigente hoy en día?
 e) A partir de la hipótesis postulen qué tipo de dinosaurios, herbívoros o carnívoros, suponen que habrán desaparecido antes. Basen su respuesta en un modelo.

Capítulo 2

La biología tiene un antes y un después

ayer

Érase una vez la biología. En la Grecia clásica, varios siglos antes de Cristo, diversos pensadores se preguntaban qué es la vida y cuáles son las características y el funcionamiento de los seres vivos, su diversidad y sus interrelaciones. Aristóteles  , por ejemplo, desarrolló una obra extensa y sugerente sobre el tema, que incluyó, entre otros, muchos elementos, descripciones y clasificaciones minuciosas de distintos seres vivos (plantas, peces), el uso de razonamientos de "causa final" para la explicación del desarrollo de los organismos (los organismos crecen y se desarrollan, guiados por propósitos intrínsecos, hacia una finalidad última que les es propia), y una exposición sistemática del fijismo, es decir, de la idea de que las especies se mantienen inmutables a lo largo del tiempo porque son "esencias" o tipos ideales. La calidad y el rigor de las aportaciones científicas de Aristóteles causó la admiración de grandes pensadores de la modernidad (entre ellos, el propio Charles Darwin) y llevó a algunos autores a bautizarlo el "padre de la biología".

En realidad, y en un sentido estricto, la palabra "biología" (de origen griego, que significa "estudio sobre la vida") se inventa durante el siglo xix. Desde las primeras indagaciones sobre el mundo vivo y hasta entonces sólo había una colección de disciplinas no relacionadas que se ocupaban del estudio de los seres vivos, como la botánica, la zoología, la historia natural, la fisiología o la anatomía comparada.

Haciendo un salto importante en el tiempo, llegamos al Renacimiento. En este período, y debido a un cambio en la imagen filosófica que se tenía del hombre como "centro de la creación divina", florece el estudio detallado y riguroso de la anatomía humana, con fines que mezclaban lo estrictamente científico con la voluntad de hacer avanzar la profesión médica. También toma impulso la farmacología, al "despegarse" de la tradición aristotélica y galénica y ensayar nuevas sustancias para la curación de los enfermos. En este contexto se destacan las figuras del suizo Paracelso, el español Miguel Servet, el flamenco Andreas Vesalius y el francés Ambroise Paré. Los dos primeros estuvieron fundamentalmente dedicados al estudio y a la preparación de los medicamentos, mientras que a los últimos les debemos dibujos de gran calidad de los diversos sistemas del cuerpo (figura 2-1).



Aristóteles (384-322 a. C.). Filósofo macedonio cuyas obras abarcaron casi todo el saber "teórico" de su tiempo (astronomía, física, biología, lógica, retórica, política, estética, etc.) y lo consideraron una "autoridad indiscutida" durante la época clásica y el medioevo.

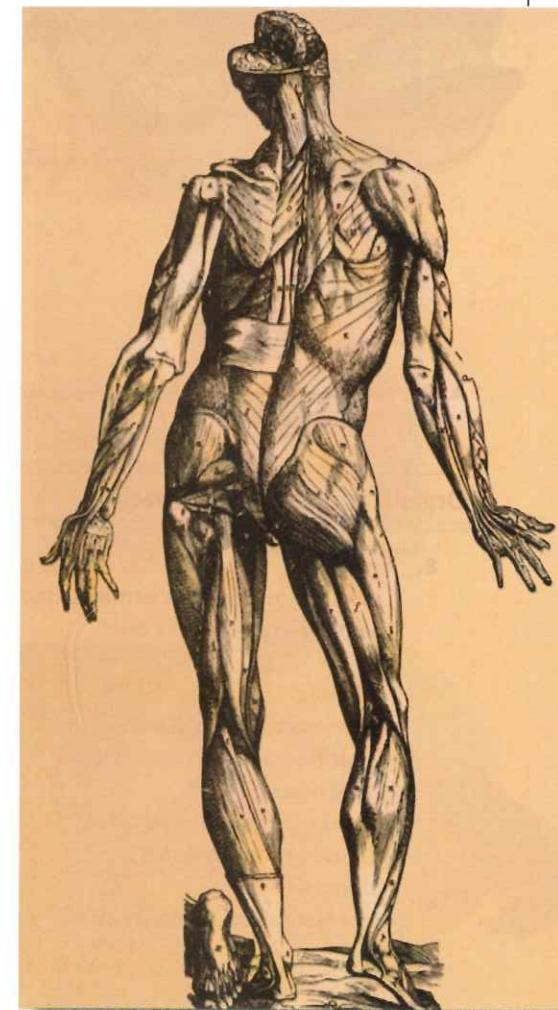


Fig. 2-1. Tabla muscular del Épitomé, de Vesalius. ►

El siglo de la biología. Actualmente es común escuchar la afirmación de que estamos en el "siglo de la biología", haciendo referencia a los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial. En efecto, desde la postulación del modelo de la doble hélice para la estructura del ADN, en 1953, se abrió un abanico casi impensado de posibilidades científicas y tecnológicas para los biólogos. La disciplina se fue haciendo más conocida para la gente y generó debates y controversias sociales importantísimas.

Conocer el "alfabeto" con el cual está escrita la información genética, transmitida de "padres" a "hijos" en cualquier especie, permitió avanzar en el estudio de gran cantidad de procesos asociados a la vida (división celular, metabolismo, reproducción sexual, herencia, mutaciones, evolución, entre otros) y, al mismo tiempo, poner a punto técnicas para manipular el material genético de algunos organismos con la finalidad de aumentar la calidad de vida de la humanidad en su conjunto. Entre estas técnicas se encuentran la transgénesis (una clase de "transporte" de genes de una especie a otra para mejorarla) y la clonación (la creación de "réplicas" genéticas, algo así como hermanos gemelos "diferidos" en el tiempo).

Ahora bien, todas estas nuevas ideas y herramientas se expanden a un ritmo vertiginoso, a veces mucho más rápido que los cambios sociales necesarios para entenderlas, aceptarlas, anticipar sus consecuencias y gestionarlas con prudencia y responsabilidad. Por tanto, se abren muchos dilemas y debates de naturaleza ética, política, jurídica, religiosa, filosófica y económica, que tocan directamente los derechos humanos y la dignidad de las personas. Todos y todas deberíamos participar en forma responsable, crítica y solidaria en estos debates, pero para ello es necesario conocer, aunque sea de manera sencilla y básica, sobre qué ideas científicas y tecnológicas se basan. Nuestra participación en las discusiones públicas y colectivas sobre los usos de la biología y de sus tecnologías ha de estar fundamentada en el conocimiento científico, aunque no quede limitada a una aplicación "descarnada" de ese conocimiento.



Fig. 2-2. Pampa Mansa, la primera ternera transgénica y clonada en Latinoamérica, es argentina. Nació en 2002. En su leche produce la hormona del crecimiento humano, que, una vez purificada, se podrá utilizar como medicamento para tratar los problemas de crecimiento en los niños. En 2004 nació Pampero, que continúa la genealogía transgénica de Pampa Mansa. (Fuente: Biosidus).



1. Resolvé las siguientes consignas teniendo en cuenta la información de "ayer" y de "hoy".

- Elegí uno de los cuatro personajes renacentistas mencionados en la página anterior y buscá en distintas fuentes sus principales aportes al conocimiento de la biología humana.
- Identificá en los diarios recientes alguna noticia que se ocupe de las implicancias sociales de la investigación biológica (en cualquier área). Leé el artículo con atención y respondé luego estas preguntas:
 - ¿De qué ideas o conceptos se habla?
 - ¿Cómo se utilizan esas ideas?
 - ¿Cuáles pueden ser las consecuencias de su utilización?

→ hoy

19

S I

Capítulo 2

La biología “en funcionamiento”

La biología se parece en muchos aspectos a las demás ciencias naturales (astronomía, física, química, geología, meteorología, etc.), por lo que forma un conjunto con ellas. Pero a la vez tiene características propias y “únicas”, derivadas de su evolución histórica y de las particularidades de su objeto de estudio, el mundo vivo. El “parecido de familia” entre las ciencias naturales viene dado, principalmente, porque *todas generan modelos científicos para describir y explicar la realidad e intervenir sobre ella*.

Las diferencias entre la biología y otras ciencias se manifiestan, por ejemplo, en el **plano metodológico**. Si bien hay una buena cantidad de estrategias comunes en el trabajo de todos los científicos, independientemente de su área (por ejemplo, plantear hipótesis o diseñar experimentos), el amplio abanico de fenómenos estudiados por la biología demanda metodologías, abordajes y herramientas específicas, ajustadas al problema que se está investigando y al conocimiento que se quiere generar. Revisemos algunos ejemplos.

■ La **biología celular y molecular** se centra en las escalas más pequeñas del mundo biológico. Esta disciplina de la biología, en estrecho contacto con la química y la física, se vale de diversas técnicas de observación, manipulación y caracterización de las sustancias de importancia biológica, tales como las proteínas y los ácidos nucleicos. Estas técnicas se inscriben en lo que se conoce como **biotecnología**.

■ La **biología evolutiva** se ocupa de dos grandes problemas: en primer lugar, de reconstruir la historia de la vida sobre la Tierra, estableciendo las relaciones de parentesco entre los distintos grupos de seres vivos, y, en segundo lugar, de arrojar luz sobre los mecanismos mediante los cuales se produjeron los cambios evolutivos de las especies. Esta disciplina combina información proveniente de los fósiles (figura 2-3), de la observación de las formas de vida actuales, de estudios genéticos y moleculares y del planteamiento de simulaciones y experimentos.

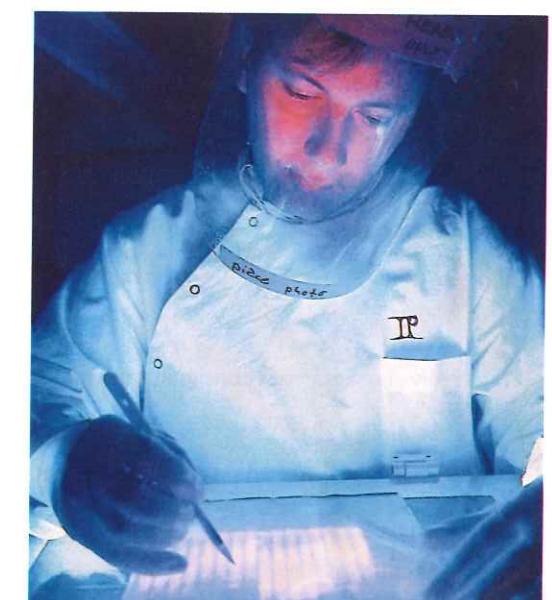
■ La **genética** se centra en los mecanismos y resultados de la herencia combinando abordajes muy diversos. Si bien algunas de sus ideas y técnicas más actuales se solapan con las de la biología molecular, los fenómenos que estudia esta rama de la biología son de una especificidad tal que han generado un tratamiento especializado e independiente (figura 2-4).

■ La **ecología**, una rama relativamente reciente de la biología, sitúa en general la mirada en un nivel de organización más alto, estudiando poblaciones y comunidades en su contexto. Su centro de interés son las relaciones de los seres vivos entre sí y con el ambiente físico. Se vale para ello de la ayuda de otras disciplinas “auxiliares”: la fisiología, la climatología y la edafología, entre otras.

Un objeto de estudio central para la biología y otras disciplinas de la vida y la salud es el propio ser humano, como verás a lo largo de este libro. Sobre este objeto tan particular pueden establecerse miradas teóricas muy diversas: la **anatómica** (descriptiva), la **fisiológica** e **histológica** (centrada en las estructuras y funciones de tejidos, órganos y sistemas), o una más relacionada con la **salud** y la **enfermedad**.



▲ Fig. 2-3. La paleontología, ciencia que estudia los fósiles, aporta información valiosísima a quienes se dedican a la biología evolutiva. (En la foto, omóplato de dinosaurio descubierto en una excavación en la Patagonia argentina).



▲ Fig. 2-4. Las investigaciones en genética proveen información de interés para otras disciplinas que se ocupan de los seres vivos, tales como los estudios evolutivos, sistemáticos y ecológicos, y además son un pilar fundamental para la medicina.



Modelos científicos:
capítulo 1: Biotecnología
capítulo 1: Evolución:
capítulo 1: Genética:
capítulo 1: Salud y enfermedad

Teoría de la generación espontánea:
capítulo 19.

Disputas entre biólogos

Una de las más famosas discusiones en la historia de la biología nos permite ilustrar cómo esta ciencia “se hace camino al andar”: evoluciona a lo largo del tiempo, experimentando periódicamente abruptos cambios entre los sistemas de ideas teóricas que se sostienen en cada época. Se trata del debate entre los científicos partidarios de la **generación espontánea** y aquellos que se oponen a esta tesis.

Usamos la expresión “generación espontánea” para expresar la idea de que es posible el surgimiento de formas de vida “superiores” (animales y vegetales) o microscópicas (unicelulares) a partir de materiales primigenios y elementales (como el barro o la materia pútrida). La generación espontánea es una concepción antiquísima, defendida tanto por pensadores con creencias religiosas (que veían en la aparición de nuevos seres vivos la intervención creadora de Dios), como por pensadores agnósticos y materialistas, que creían en la posibilidad del surgimiento de la vida desde lo no vivo, gracias a la presencia de una **fuerza vital**.

Inicialmente, quienes sostenían la posibilidad de la generación espontánea la aplicaban a organismos complejos. **Jan Baptista van Helmont**, reconocido científico belga de los siglos XVI y XVII, ¡hasta creía que podía “fabricar” ratones! Poco a poco, la idea se fue restringiendo a las moscas y a los gusanos que aparecen sobre los alimentos en descomposición. Para atacar estas creencias muy difundidas, varios científicos fueron planteando experimentos basados en el postulado fundamental de que *la vida surge de la vida* y que, por tanto, esos organismos que parecen “generarse” han de provenir de huevos previamente depositados por otros seres, huevos tan pequeños que son difíciles de percibir a simple vista.

Una de las primeras experiencias específicamente diseñadas para tirar abajo la tesis de la generación espontánea se la debemos a un médico italiano, **Francesco Redi**, quien –en el año 1668– colocó trozos de carne dentro de frascos de vidrio, uno de los cuales estaba cubierto por una tela delgada (muselina o gasa). No sólo la carne al pudrirse no “generaba” los típicos gusanos, sino que un examen minucioso de la tela permitía ver los huevitos depositados sobre ella (figura 2-5).

Años después, **Lazzaro Spallanzani** planteó un experimento para refutar (es decir, rechazar o echar por tierra) los resultados obtenidos por el sacerdote jesuita inglés **John Turberville Needham**, ferviente defensor de la generación espontánea. Needham había visto que,

en frascos con caldo de carne, luego de ser calentados y sellados, aparecían microorganismos como producto de la “fuerza vegetativa” del caldo. Spallanzani atribuía este resultado, aparentemente a favor de las ideas del científico rival, al hecho de que él había calentado su caldo demasiado poco tiempo y sellado sus frascos de manera ineficiente. Con la mejora de estos dos aspectos consiguió que los microorganismos no aparecieran (figura 2-6).



◀ Fig. 2-5. El experimento histórico de Redi. En el frasco destapado, las moscas depositan sus huevos sobre la carne. En el frasco cubierto con una gasa, los huevos quedan depositados sobre la tela. Dispuesto, asimismo, un frasco herméticamente cerrado en el que no se desarrollaron larvas.



▲ Fig. 2-6. El experimento histórico de Spallanzani. a, en el frasco abierto se observa el crecimiento de microorganismos aun después del calentamiento; b, no crecen microorganismos mientras el frasco esté sellado, cosa que sí ocurre una vez abierto.

2. Con la ayuda de los temas que viste en el capítulo 1 (especialmente en la página 13), identificá distintas hipótesis en las narraciones de los experimentos históricos.
3. Buscá en el capítulo 19 más información sobre la generación espontánea. ¿Quién, cuándo y cómo consiguió refutar esta teoría?

Grandes ideas sobre lo pequeño

C Uno de los grandes temas de la biología, siempre presente en los programas de estudio, es el de la célula. ¿Qué sabés sobre este tema? ¿Recordás haber estudiado la teoría celular? Si no es así, ¿qué ideas tenés al respecto?

Uno de los hitos más conocidos de la constitución de la biología como ciencia natural es el establecimiento de lo que se conoce como la **teoría celular**: básicamente, la idea de que *la célula es la unidad constitutiva de todos los seres vivos*, sin importar su especie. Esta idea brillante está asociada a los nombres de personajes como Hooke, van Leeuwenhoek, Schleiden y Schwann.

El científico inglés **Robert Hooke** (figura 2-7), en una obra de 1665 en la que compila observaciones hechas mediante un microscopio óptico inventado por él, utiliza por primera vez la palabra de origen latino **célula** ("celdilla") para describir la estructura del corcho, con sus pequeñas cavidades poliedrísticas características, parecidas a las celdas de un panal de abejas. Sin embargo, ni lo que vio Hooke son estrictamente células (puesto que, tras la muerte de éstas en el corcho, sólo quedaban las paredes celulares), ni tampoco él se dio cuenta de la importancia biológica de su observación o la asoció con otros fenómenos del mundo vivo.

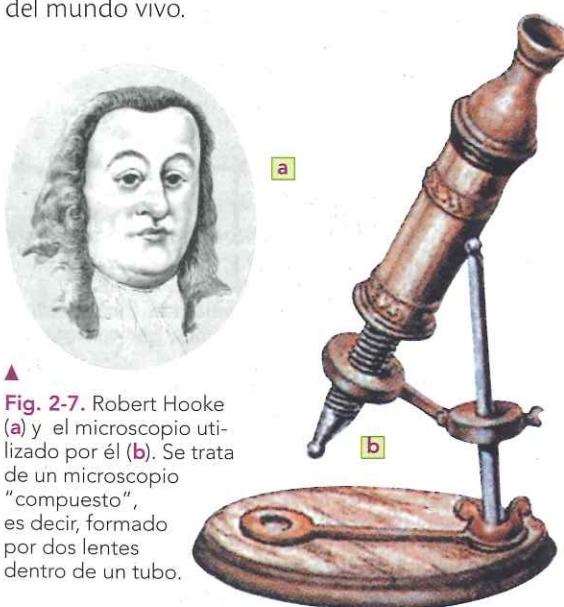
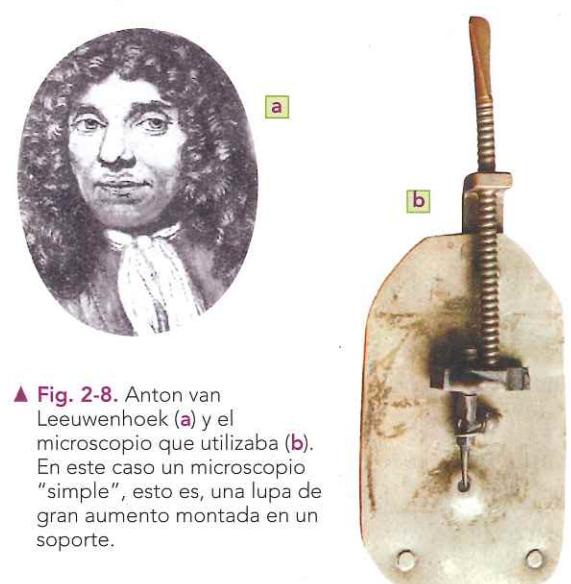


Fig. 2-7. Robert Hooke (a) y el microscopio utilizado por él (b). Se trata de un microscopio "compuesto", es decir, formado por dos lentes dentro de un tubo.

El comerciante holandés **Anton van Leeuwenhoek** (figura 2-8), por su parte, alcanzó gran maestría en el tallado de lentes de aumento, originalmente destinadas a la evaluación de la calidad de las telas con las que él negociaba. Este joven autodidacta se interesó por las ciencias naturales y usó sus lentes para el estudio del mundo vivo, en una gran variedad de campos: desde las bacterias hasta los vasos capilares humanos.

Habría de pasar más de un siglo hasta que esas primeras observaciones y descripciones de tipos celulares desembocaran en una conceptualización abstracta y general de la naturaleza microscópica de los seres vivos. En el año 1838, el botánico alemán **Matthias Jacob Schleiden** postuló la idea de que *todas las plantas están constituidas por células*, y explicó el crecimiento de los organismos vegetales a través de la formación de nuevas células procedentes de las originales (aunque en su explicación inicial había errores en el papel que el núcleo jugaba en el proceso). El fisiólogo alemán **Friedrich Theodor Schwann**, colega y amigo de Schleiden, también utilizó la idea de célula para explicar la estructura y el crecimiento de los animales, viendo en esto una entera coincidencia con lo expuesto por el botánico. Por eso en 1839 publicó un libro en el que unificaba ambos campos de fenómenos (animales y vegetales) bajo un mismo conjunto de ideas a la vez económicas y potentes que, hoy bastante reformulado, constituye la **teoría celular**.



Si aumentaras a un ser vivo hasta que tuviera el largo de un estadio de fútbol, ¿con qué se podría comparar la célula?

- C 4. ¿De qué tamaño es la célula? Buscá en este libro y en otros materiales datos acerca de los tamaños típicos de las células. ¿En qué unidades se los suele medir? ¿A cuánto equivale ese tamaño en metros?

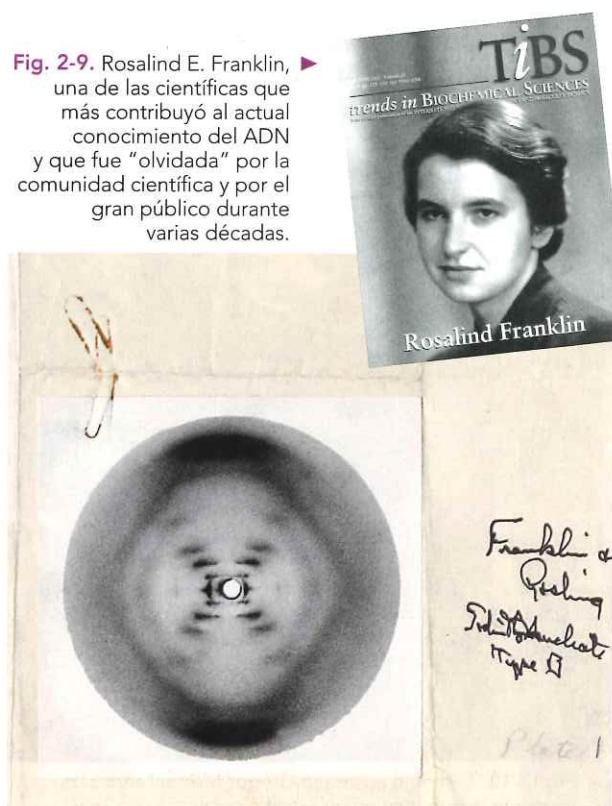


El ADN, la molécula de la vida

El 25 de abril de 2003 la biología festejó una fecha importante: se cumplían cincuenta años de la publicación del artículo científico que anunciaba el "descubrimiento" de la estructura química del ácido desoxirribonucleico, o **ADN**. Asociados a este evento tan importante para la ciencia aparecen los nombres de **James Watson**, **Francis Crick** y **Maurice Wilkins**, quienes compartieron el Premio Nobel de Fisiología y Medicina de 1962 "por sus descubrimientos concernientes a la estructura molecular de los ácidos nucleicos y su significación para la transferencia de información en el material vivo", tal como figura en la notificación del Instituto Nobel de Estocolmo.

El primero de estos personajes es un biólogo estadounidense, autor de varios textos muy conocidos en los que cuenta anécdotas simpáticas de su vida y obra y narra la "cocina" de la investigación emprendida para develar el misterio del ADN. El inglés Crick, aunque era físico de formación, se interesó también desde temprano por la química y la biología, y colaboró estrechamente con Watson entre 1951 y 1953; juntos trabajaron en los Laboratorios Cavendish del Departamento de Física

Fig. 2-9. Rosalind E. Franklin, una de las científicas que más contribuyó al actual conocimiento del ADN y que fue "olvidada" por la comunidad científica y por el gran público durante varias décadas.



de la Universidad de Cambridge (Inglaterra). Wilkins, por su parte, fue un físico neozelandés que se dedicó a estudiar la molécula de ADN por medio de técnicas sofisticadas de cristalografía.

Al poder asignar una estructura determinada a esta importantísima biomolécula, que ya había sido vinculada con la idea de gen, se terminó de entender el funcionamiento del **código universal** en el cual viene almacenada la información genética de todos los seres vivos. El descubrimiento también abrió el camino para postular un mecanismo de "replicación" relativamente sencillo que diera cuenta de los fenómenos de la herencia.

Nos interesa tratar aquí brevemente algunos entrelazos de este episodio científico famoso: la acusación de "maltrato" hacia la única mujer implicada, Rosalind Elsie Franklin (figura 2-9). Franklin consiguió "fotografiar" un cristal de ADN mediante las llamadas **técnicas de difracción de rayos X**. A partir de esa imagen (figura 2-10), ella supuso una estructura en forma de doble hélice para las hebras de ADN (figura 2-11). Watson y Crick aprovecharon a fondo las posibilidades que abrían los resultados de Franklin pero no reconocieron debidamente las aportaciones de esta brillante científica. Watson siempre mostró gran antipatía hacia su colega.

15 Rosalind Elsie Franklin (1920-1958). Física inglesa que murió muy joven. Durante su estancia en el King's College de Londres estudió la estructura y el comportamiento de diversas biomoléculas bombardeándolas con rayos X. Los resultados que obtuvo sobre el ADN permitieron dar validez experimental al modelo de la doble hélice.

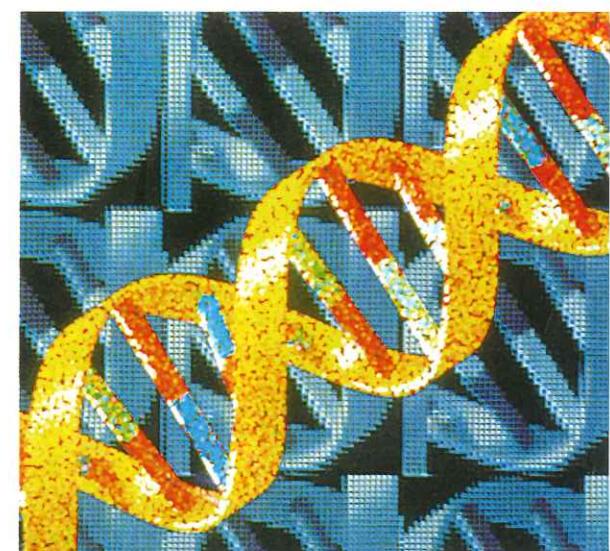


Fig. 2-11. Modelo computarizado de ADN con la típica forma de doble hélice.

Desde la biología del siglo XIX...

El siglo XIX fue particularmente importante para terminar de "separar" la biología de las demás ciencias naturales y recortar para ella un espacio con identidad propia, poseedor de ideas teóricas y abordajes metodológicos específicos y unificadores de sus distintas ramas. En esta emergencia de la biología como disciplina, con sus "reglas de juego" reconocibles, distintas de las de la física o la química, contribuyeron, centralmente, dos grandes sistemas teóricos: la **evolución darwiniana** y la **genética mendeliana**.

Por un lado, **Charles Darwin** postula la tesis de que la gran diversidad de especies que existe actualmente *desciende de unas pocas especies ancestrales originarias* (unos "tipos" de organismos muy simples en el principio de la vida en nuestro planeta, figura 2-12). Distintas poblaciones de esta primera especie se fueron modificando ("evolucionando") independientemente, dando lugar a los diferentes grupos de seres vivos. Dentro de una población determinada siempre existen individuos con características distintas; las diferencias surgen al azar: hoy se sabe que son producto de mutaciones en su genoma. Las diferencias entre individuos hacen que algunos tengan más "éxito" que otros y, por tanto, dejen más descendientes portadores de tales diferencias. Así, tras muchas generaciones, algunos "tipos" de individuos se vuelven mucho más frecuentes que otros dentro de esa población. Como las variantes surgen al azar, poblaciones distintas cambian de distinto modo. La acumulación de diferencias en períodos extendidos "genera" las especies: esas poblaciones que ya están muy "alejadas" entre sí.

Por otro lado, **Gregor Mendel** (figura 2-13) propone la idea de que los individuos que se reproducen sexualmente (animales, plantas, etc.) se parecen a sus progenitores (padre y madre) porque reciben (decimos técnicamente que *heredan*) de ellos unas "partículas" o "factores" (los actuales *genes*) que "determinan" en alguna medida cómo serán sus características (por ejemplo, en el ser humano, una característica sería el color de los ojos). Las partículas mantienen su identidad (no se mezclan ni sufren, en general, modificaciones en el proceso de herencia). Todos los individuos, además, poseen dos de estas partículas para cada característica: una heredada de cada progenitor. Las dos partículas portan información para la misma característica (color de ojos), pero la información transmitida por el padre y por la madre no tiene por qué ser la misma (siguiendo

con el mismo ejemplo, ojos azules y marrones). Mendel estudió con detalle los resultados que se obtienen cuando ambas partículas portan información diferente.



▲ Fig. 2-12. Uno de los aspectos más controvertidos de la teoría darwiniana fue que se considerara a la especie humana como descendiente del mono. Por este motivo, los detractores de Darwin no dudaron en utilizar todos los medios posibles para ridiculizarlo.



▲ Fig. 2-13. El monje austriaco Gregor Mendel sentó las bases de la genética en un artículo publicado en 1866, en el que narra sus experimentaciones con híbridos de plantas (trabajaba con arvejas). Sus ideas no tuvieron éxito en la comunidad científica hasta que fueron "recuperadas" a comienzos del siglo XX por otros investigadores.



Evolución,
Charles Dar
capítulo 19
Genética
clásica, Greg
Mendel:
capítulo 17

...hasta la biología del siglo XXI

Como irás viendo a lo largo de este libro, desde que la biología demarcó su campo de estudio propio (los seres vivos) y estableció formas específicas de investigarlo, se ha ido sucediendo una gran cantidad de descubrimientos, invenciones y contribuciones, con un ritmo cada vez más acelerado y con una incidencia cada vez mayor en la vida cotidiana.

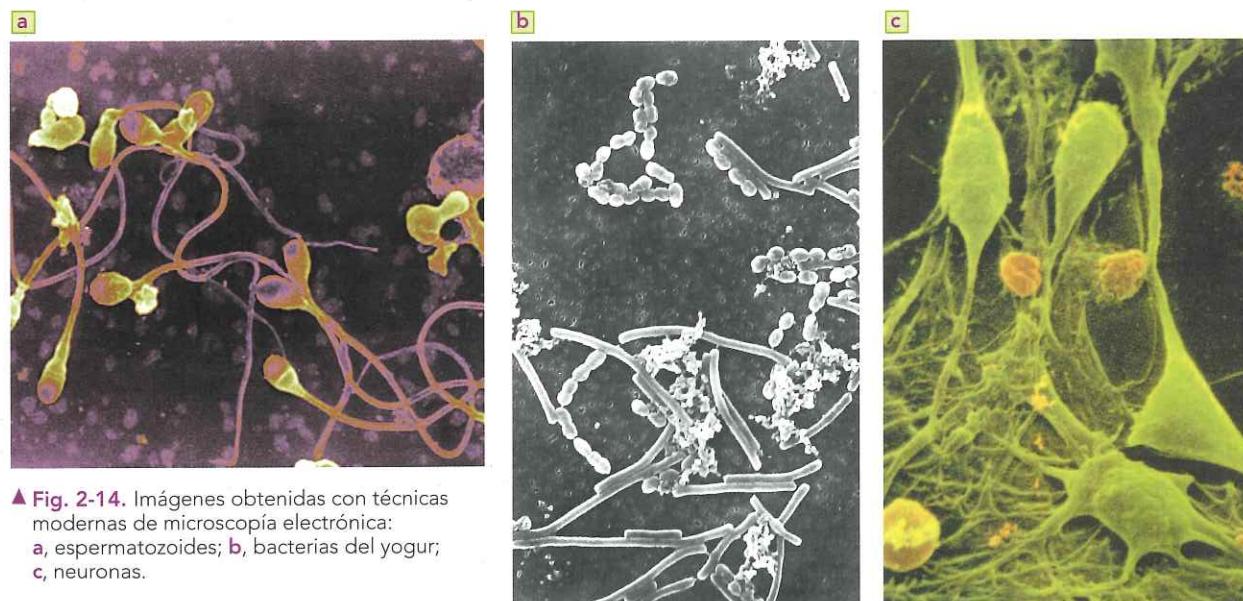
En un principio, el consenso alcanzado en el siglo XVIII alrededor de la teoría celular permitió reconocer la "unidad en la diversidad" de los seres vivos, es decir, ver que todos los organismos, a pesar de que presentan aspectos, propiedades y comportamientos tan distintos, están estructurados de una forma característica y propia del mundo vivo: a partir de células. A más de doscientos años de ese hito fundacional, las posibilidades de interactuar con las células para estudiarlas son enormes: desde la invención de **tinturas** cada vez más eficaces para colorear sus distintos componentes o la posibilidad de "marcar" con **sustancias radiactivas** algunas estructuras y seguir las en su evolución temporal, hasta las impresionantes tecnologías para ver lo pequeño (figura 2-14), como la **microscopía electrónica**, que requiere "matar" la muestra que se observará pero puede aumentarla decenas de miles de veces, y la **microscopía confocal**, que permite el estudio de muestras vivas con minuciosos detalles de volúmenes y texturas.

Bastante más tarde, en la segunda mitad del siglo XIX, las ideas acerca de la evolución y la genética permitieron situar a los seres vivos en un contexto más general, dando sentido a cuestiones tales como herencia, hibridación, bio-

diversidad, especiación, evolución y adaptación. Desde sus formulaciones originales, las teorías darwiniana y mendeliana han experimentado muchos cambios, al punto de que podría decirse que ya no se trata hoy estrictamente de las mismas ideas, sino de versiones mucho más sofisticadas. Estas "nuevas versiones" de evolución y de genética –en buena parte debidas al estudio de fenómenos a nivel celular y molecular– otorgan a la biología una enorme potencia explicativa.

Ya en el siglo XX, los aportes de la emergente **biología molecular** generaron un conocimiento inédito acerca del funcionamiento de la "maquinaria" de la vida: biomoléculas, genes, organelas y células. Estos aportes han permitido avanzar rápidamente en infinidad de líneas científicas y tecnológicas, desde modelizar el inicio de la vida en nuestro planeta o identificar los orígenes del hombre actual hasta generar tratamientos para el cáncer o la diabetes u obtener variedades de soja resistentes a los herbicidas.

Hoy, a comienzos del siglo XXI, las posibilidades son inmensas, pero a su vez traen aparejados desafíos y dilemas. El ser humano, a raíz de su conocimiento sobre el mundo natural, está ahora en posición de alterarlo en gran escala para su propio beneficio, pero así se enfrenta a las posibles consecuencias negativas, de amplio alcance en tiempo y espacio, de sus acciones sobre el ambiente global y sus ecosistemas, sobre las poblaciones de multitud de organismos con los cuales convive y de los cuales se sirve, y sobre los genomas de las distintas especies. Tales acciones podrían comprometer la calidad de vida de las futuras generaciones humanas; ésta es una razón de peso para pensar en la necesidad de una **ética científica** consensuada en un debate social amplio.



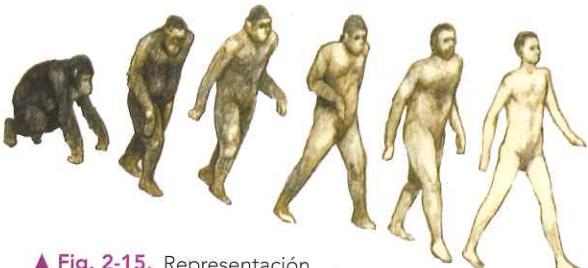
▲ Fig. 2-14. Imágenes obtenidas con técnicas modernas de microscopía electrónica: a, espermatozoides; b, bacterias del yogur; c, neuronas.



Actividades finales

Aplicación y análisis

5. Revisá el índice de este libro. ¿Qué disciplinas y miradas de la biología aparecen representadas?
6. Seguí trabajando con el índice. ¿Cuáles son los temas que más despiertan tu interés? ¿De cuáles creés que tenés más conocimiento? ¿Y menos? ¿Cuáles te parecen más cercanos a tu realidad? ¿Y más alejados?
7. Mirá la figura 2-15. ¿Qué explicación podrías darle en términos de las ideas de Darwin mencionadas brevemente en la página 24?



▲ Fig. 2-15. Representación de la evolución humana.

8. Leé el siguiente artículo publicado en *La Nación* el 26 de marzo de 2004.

Trascendente aporte argentino en la lucha contra el cáncer

Es un logro de científicos del Conicet. Descubrieron cómo elude las defensas.

¿Por qué el sistema inmunológico es incapaz de ver el cáncer y nos deja inermes contra ese enemigo que se apodera del organismo?

Un equipo de investigadores argentinos [...] parece haber logrado contestar esta pregunta que atormenta a los oncólogos desde hace décadas: descubrieron que las células cancerosas producen una proteína, la galectina-1 (Gal-1), que aniquila los linfocitos T, los soldados encargados de protegernos.

Es más, en experimentos en ratones y con tejidos humanos se pudo comprobar que cuanta más Gal-1 posea un tumor, mayor es su crecimiento, y viceversa. Una prueba de la trascendencia que se le adjudica al trabajo es que hoy se publica nada menos que en la tapa de *Cancer Cell*, una de las revistas del ámbito científico de mayor prestigio en el mundo.

El estudio fue realizado por un grupo de investigadores de diferentes instituciones (División Inmunogenética del Hospital de Clínicas, Instituto Leloir y Hospital Eva Perón).

La historia de este descubrimiento empezó hace varios años, cuando Rabinovich [...] estaba haciendo su doctorado en la Universidad Nacional de Córdoba [...]. Allí y, luego, durante una estada de dos años en Londres (gracias a becas de la Fundación Antorchas y el British Council), el científico descubrió que la Gal-1 no mata a cualquier linfocito T, sino sólo a los que están "activados".

Guerra en el micromundo

"Normalmente, cuando un microbio o un virus ingresa en el organismo, se produce el fenómeno de activación [...]: los linfocitos que lo detectan preparan 'la artillería', comienzan a producir citoquinas y otros elementos solubles para destruirlo. Son como soldados que están patrullando, pero cuando ven al enemigo se ponen en posición de ataque. La Gal-1 aniquila a estos linfocitos, no a los que están en reposo". Utilizando anticuerpos monoclonales y antígenos microbianos, los científicos "activaron" linfocitos y pudieron comprobar que, cuando agregaban Gal-1 a esa preparación, en 24 a 48 horas destruían los linfocitos activados.

"Eso nos sorprendió mucho –cuenta Rabinovich–. Lo publicamos en el *Journal of Immunology*, en 1998. Enseguida se nos ocurrió que había que aplicarlo en alguna enfermedad donde hubiera muchos linfocitos activados. ¿Cuál podía ser? La artritis reumatoidea. [...] Utilizamos un modelo animal inyectándole colágeno a un ratoncito y a los 20 a 23 días obtuvimos una artritis muy parecida a la humana. Entonces desarrollamos una línea de fibroblastos (células de los tejidos conjuntivos) que [...] sobreexpresaban (producían mucha) Gal-1. A los 15 días, los ratoncitos ya no tenían artritis o la tenían con mucha menos severidad. O sea que la Gal-1 les mataba los linfocitos T que producían la inflamación. Ese trabajo lo publicamos en el *Journal of Experimental Medicine*, y fue comentado por *Nature*".

Los usos potenciales de este descubrimiento dieron origen a una patente, actualmente en trámite.

La pregunta del millón

En la artritis, haría falta más Gal-1 para combatir el exceso de linfocitos que atacan los propios tejidos. Pero, como Rabinovich siempre había estado interesado en el cáncer, empezó a preguntarse si, dado que esta proteína inmovilizaba el sistema inmune, no la usarían los tumores para organizar su contraataque. "Desde que empecé a estudiar biología molecular, esa pregunta me obsesionó", recuerda. El grupo decidió, entonces, empezar por definir si los tumores efectivamente expresaban Gal-1. El doctor José Mordoh [...] les proporcionó tumores congelados y pudieron comprobar que el melanoma no

sólo la producía, sino que –más importante aún– se relacionaba directamente con el potencial agresivo del tumor: cuanta más Gal-1 tenía, más agresivo era. A continuación, pudieron comprobar *in vitro* que, si bloqueaban el medio de cultivo, desaparecía la capacidad inmunosupresora del tumor. "En melanomas, que son los tumores de piel más agresivos, cuando le colocábamos el medio de cultivo de los tumores a linfocitos T activados, obteníamos más de un 90% de supresión –explica Rabinovich–. Pero cuando excluímos la Gal-1, esa supresión descendía a alrededor del 30 por ciento."

El tercer paso fue preparar melanomas clonados: algunos expresaban Gal-1 en muy baja cantidad, algunos nada, algunos intermedia y otros alta. "Al inyectárselos a los animales, el 95% de los tumores que tenían poca expresión de G-1 no creció", afirma el científico.

Y para finalizar, los investigadores midieron la proliferación y activación de linfocitos en los ganglios cercanos al tumor y pudieron comprobar que, en aquellos con baja expresión de Gal-1, había una respuesta inmune potenciada. Es más, verificaron que en los animales que rechazaban el tumor, si más tarde se les volvía a insertar otro con mucha Gal-1, crecía más lentamente que lo esperado. "Al parecer, habían desarrollado una memoria inmunológica que les permitía hacer más lento el desarrollo tumoral" [...].

[...] Acerca de la aplicación posible de estos descubrimientos, Rabinovich estima que en el futuro cualquier terapia inmunológica que se diseñe debería estar acompañada por alguna estrategia que bloquee esta "capacidad de escape" de las células tumorales [...].

- a) ¿Qué cuestiones relacionadas con el método científico aparecen en el artículo? Señalá palabras clave y justifícá tu elección.
- b) ¿A qué características de la ciencia como actividad –de las que has venido trabajando en estos dos primeros capítulos– se hace referencia en el artículo?

Organización de la información

9. Armá una línea de tiempo para situar a los personajes y eventos narrados en este capítulo.
 - a) ¿En qué períodos históricos nos hemos enfocado más?
 - b) ¿Qué personajes aparecerían en tu línea?
 - c) ¿Qué eventos se mencionan a lo largo del texto de este capítulo? ¿Cuáles de ellos aparecen con fecha "precisa"?
 - d) ¿Qué trucos podrías usar para que la línea resultara más "legible"? Tené en cuenta que hay períodos

prolongados (como la Edad Media) sobre los cuales no hemos hablado prácticamente y, en cambio, hay otros momentos en los cuales aparecen muchos nombres de personas y de ideas.

- e) Añadí a tu línea de tiempo un personaje y un evento más. ¿De dónde podrías obtener la información?

Investigación

10. En la página 18 se habla de la tradición "galénica" en la farmacia. Este adjetivo hace referencia a Galeno, célebre médico de la Antigüedad.
 - a) Buscá datos de este personaje en diversas fuentes.
 - b) ¿Cómo se usa la palabra "galeno" en castellano? Buscá en un diccionario.
 - c) En Buenos Aires, ¿dónde hay estatuas de Galeno? Si podés, sacale una foto a alguna para completar el informe del punto a) y compará esa imagen con las disponibles en enciclopedias y en la Web.

Opinión y debate

11. La película *Un milagro para Lorenzo* (*Lorenzo's oil*, 1992, dirigida por George Miller) relata un caso real que aconteció en los Estados Unidos hace unos veinte años. Los padres de Lorenzo Odone, un niño que sufrió de adrenoleucodistrofa, una enfermedad muy rara y grave para la cual hasta el momento no hay cura, iniciaron una investigación científica para encontrar un medicamento que ayude a mejorar la calidad de vida de su hijo. La película muestra los diversos "intereses" en pugna en situaciones como ésta: médicos, pacientes, familiares, industria farmacéutica, gobierno.
 - Vean la película y organícen un debate en el aula alrededor de la ética de la investigación clínica. Pueden tomar los siguientes puntos:
 - a) La adrenoleucodistrofa es llamada una "enfermedad huérfana": como hay muy pocos enfermos en el mundo, no se investiga para encontrar un tratamiento. En esta situación, ¿qué rol te parece que juegan la industria farmacéutica, el gobierno, las asociaciones de enfermos?
 - b) La investigación médica ha avanzado históricamente usando diversas especies animales (perros, monos, roedores, entre otros). ¿Hasta qué punto está justificado este tipo de experimentos? ¿Cuáles son posibles razones a favor y en contra?
 - c) La investigación de nuevos medicamentos requiere, en sus últimas etapas, pruebas experimentales sobre sujetos humanos. ¿Qué controles y recaudos creés que deberían existir para este tipo de pruebas? Fundamentá tu respuesta.

Una nueva forma de ver la ciencia

"La ciencia es universal, no tiene patria, pero los científicos sí la tienen".

BERNARDO HOUSAY*

Existen muchas maneras de analizar el conocimiento científico. Una de ellas es a través de la sociología de la ciencia, una disciplina académica relativamente nueva, que, al investigar la relación entre ciencia y sociedad, nos replantea la definición de ciencia y el papel social que debe cumplir. Para conocer qué temas le interesan a un sociólogo de la ciencia, entrevistamos al Dr. Pablo Kreimer, un investigador que, con sus ideas novedosas y provocadoras, nos hace pensar que existe otra manera de acercarnos a lo que llamamos ciencia.

¿Qué se entiende por ciencia desde el punto de vista de la sociología?

Lo que hoy llamamos ciencia moderna no es algo que tiene que ver con un devenir natural, es un producto social. La ciencia moderna está estrechamente relacionada con el desarrollo de la sociedad industrial, de la sociedad capitalista, y aquí aparece un concepto fundamental, el de medición. Todo tiene que ser medido, porque eso determina la cantidad del trabajo y el valor de un producto en el mercado. La ciencia moderna existe a partir de Newton, porque con él comenzó la preocupación por medir y establecer relaciones entre las diferentes magnitudes.

Entonces, ¿antes de Newton no se hacía ciencia?

Hasta entonces, las investigaciones eran prácticas privadas que algunos desarrollaban en sus casas; además, la diferencia entre filosofía y ciencia no era clara. La ciencia moderna, que tiene en cuenta parámetros, métodos y la exigencia de rigor, se estableció en esa época. El hecho de que la ciencia sea una actividad pública tiene su origen en el siglo XVII cuando, de la mano de algunos científicos, se creó en Inglaterra la Royal Society, una de las primeras instituciones a la que pertenecieron algunos investigadores de la época. En Inglaterra, por ejemplo, el rey decidió



Dr. Pablo Kreimer

financiar a Newton con fondos públicos. Pero también apareció la preocupación por lo que la ciencia le puede dar a la sociedad. Allí se estableció, por primera vez, el contrato fundacional de la ciencia moderna como algo público.

El hecho de que la ciencia pase al espacio público ¿trajo consecuencias?

Sí, fundamentalmente dos consecuencias. Por un lado, a partir de ese momento los Estados y los gobiernos sostuvieron, de diversas maneras en cada país, las actividades científicas. De modo que la ciencia, como la escuela pública, es una institución creada en la modernidad por las sociedades, y no tiene nada de natural. Por otro lado, el pasaje al ámbito público generó la exigencia de que los científicos hicieran públicas sus investigaciones. Cuando se crearon las primeras asociaciones científicas, comenzaron a publicarse también las primeras revistas destinadas a difundir los avances de las investigaciones.

Y de ahí a la aparición de las publicaciones científicas hubo un solo paso...

Como ya mencionamos, el pasaje de la ciencia al ámbito público generó la exigencia de que los científicos hicieran públicas sus investigaciones. Por cierto, hay aquí un juego de palabras entre el carácter público, como opuesto a privado, de la actividad, y la publicación, que hace referencia a la circulación en medios escritos. Los artículos científicos son instrumentos retóricos, es decir, piezas discursivas destinadas a convencer. No son la ciencia y muchos

menos la verdad, sino que se trata de ejercicios que practican los científicos para convencer a los otros de lo importante que son las cosas que hacen.

¿La ciencia en América latina se desarrolló igual que en Europa?

En la segunda mitad del siglo XIX comenzaron a institucionalizarse las ideas científicas en algunos países de América Latina. Se organizaron en algunos países antes que en otros. Esa transferencia de modos de pensar y de experimentar tuvo mucho que ver con los viajeros. El producto de los viajeros fue y es una marca muy importante. Aquellos primeros viajeros alemanes, italianos, trajeron las marcas culturales del modo de investigar de sus países de origen. Pero lo que no llegó de Europa fue el contrato entre la sociedad y la ciencia. Cuando ésta se transfirió a América Latina, ese contrato fue tergiversado. El desarrollo de la investigación científica es semejante, pero la exigencia de que el Estado y la sociedad financien la ciencia, quedó diluida.

¿Quién decide lo que hay que investigar y a quién pertenece ese conocimiento?

Los científicos tienen derecho de elegir los temas de sus estudios, pero algunos de ellos se pueden orientar. Los países centrales investigan todos los temas, sin embargo, yo pienso que países más chicos como el nuestro tienen que elegir. No se puede investigar todo. Hay que conciliar el placer de la búsqueda intelectual del conocimiento con las necesidades de la sociedad. Deben definirse los temas de interés para el país, premiar a las empresas que se basan en el conocimiento, a diferencia de las que no lo hacen. El Estado no debe tener un papel autoritario, debe conciliar las necesidades sociales y los intereses de los investigadores. Esto es lo que hicieron los países más desarrollados. El gasto privado en ciencia y tecnología en los países centrales comenzó porque el Estado lo impulsó.

¿Sirve hacer ciencia en la Argentina?

Sí. Pero hay que recordar que la Argentina no es un país central. Una parte muy importante de su sociedad tiene necesidades insatisfechas. En la pregunta hay un costado intelectual, pero

Ciencia básica vs. ciencia aplicada

"La enfermedad de Chagas es la principal endemia de la Argentina y de algunos países de América Latina. Se calcula que hay entre 2,5 y 3 millones de infectados en la Argentina. Hace muchos años que se investigan distintos aspectos de la enfermedad en nuestro país: fisiología de la vinchuca, estudios moleculares sobre el parásito, e incluso se ha secuenciado el genoma del tripanosoma. Hay identificados alrededor de 60 grupos de investigación básica en la Argentina. Pero, paralelamente, la investigación clínica es poca, y me refiero a la investigación relacionada con los pacientes. Sólo seis grupos. ¿Por qué sucede esto? Los científicos que trabajan en investigación molecular básica son muy prestigiosos y publican en revistas internacionales. En cambio, los médicos que trabajan con la enfermedad no pueden presentar trabajos muy relevantes a nivel mundial porque el Chagas es una enfermedad local. Contamos con una enorme cantidad de conocimiento producido, 1.200 trabajos en los últimos 10 años, y también con una mayor cantidad de enfermos. El conocimiento es enorme, pero tenemos muchos problemas sociales sin resolver".

también un costado ético. Debemos preguntarnos si uno está invirtiendo mucho dinero, mucho esfuerzo social en la investigación, pero también hay que pensar cómo se puede utilizar aquello que se produce en beneficio de la sociedad.

Nosotros usamos un concepto de "conocimiento aplicable no aplicado" (CANA). Por ejemplo, durante la investigación de un maíz transgénico resistente a un virus, se hizo un desarrollo muy importante en un laboratorio público, y cuando estuvo a punto de ser utilizado por los productores, llegó una empresa privada extranjera e introdujo una variedad diferente. El desarrollo en ese laboratorio público argentino fue, entonces, conocimiento que no se pudo aplicar.

¿Qué opina sobre la formación de científicos argentinos en el exterior?

Es muy bueno que los investigadores se vayan a trabajar durante un tiempo al exterior, pero es mucho mejor cuando vuelven. Es terrible que haya éxodos masivos como los que hubo en la Argentina. Las migraciones constituyen un mecanismo natural en los investigadores científicos. Pero eso debe tener un límite. Lo que ocurre frecuentemente es que los investigadores jóvenes en el exterior se inician en líneas de investigación, no del interés propio o de su país sino del interés del grupo extranjero en cuestión. Esa formación es crucial y lo va a marcar el resto de su vida. Pero si esa agenda tiene más que ver con el grupo inglés, por ejemplo, que la que va a poder desarrollar en su retorno a nuestro país, esto generará más CANA.



* Científico argentino que recibió el Premio Nobel de Medicina en 1947.



Hoja de vida

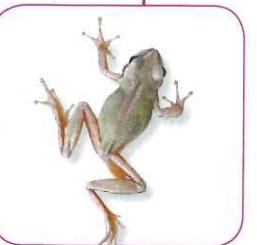
Pablo Kreimer

Es sociólogo de la UBA y doctor en "Ciencia, Tecnología y Sociedad" (Centro STS, París, Francia). Actualmente es profesor titular de la Universidad Nacional de Quilmes, Director del Programa de Investigaciones "Estudios socio-históricos de la ciencia y la tecnología", director del doctorado en Ciencias sociales, FLACSO Argentina, y Director de REDES, Revista de Estudios Sociales de la Ciencia.

Sección II

Los sistemas vivientes

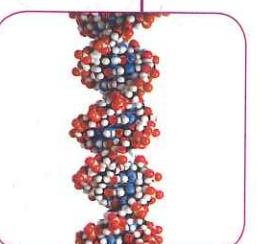
30



Capítulo 3 Un ser vivo: un sistema

32

Todos somos sistemas. ¿Y los seres vivos? Autótrofos y heterótrofos. La energía fluye. La materia circula. Fotosíntesis y respiración. Los unicelulares no son únicos. Pluricelulares a montones. Bien adaptados. ¡Qué irritabilidad! Mantengamos el equilibrio. Crecer y multiplicarse. ¿Nos organizamos?



Capítulo 4 Composición química de los seres vivos

42

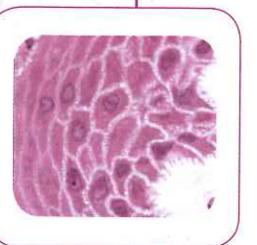
¿De qué estamos hechos? El carbono no es un elemento cualquiera. Biomoléculas. Vamos por partes: monómeros y polímeros. ¿Moléculas para grandes o grandes moléculas? Mucha agua. Minerales y vitaminas. Aminoácidos y proteínas. Y encima, las enzimas. Descifrá la clave. ¿Qué tendrá el ADN? ¿Son todos dulces los azúcares? Ni buenos ni malos, lípidos.



Capítulo 5 Estructura y metabolismo celular

56

Todo sobre las células. Prokariotas y eucariotas. Organelas al detalle. Metabolismo, no da lo mismo catabolismo que anabolismo. ¿Tenés una moneda? El ATP. Más sobre las enzimas. Hablemos con fluidez: la membrana plasmática. ¿Pasarán o no pasarán? Transporte pasivo, transporte activo. Fotosíntesis. ¿Respirar o fermentar? Ningún mito la mitosis. Meiosis: divide y duplicarás.



Capítulo 6 De la célula al organismo complejo

70

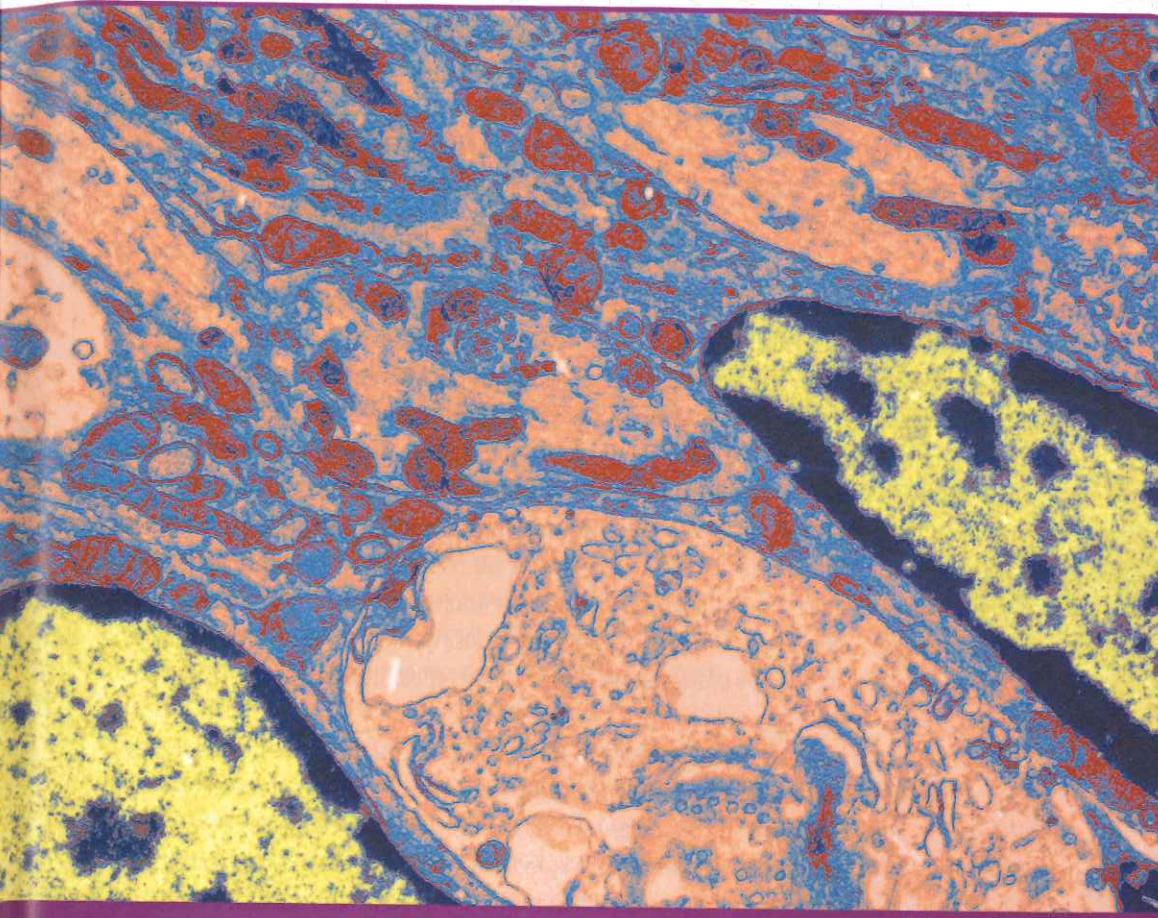
Una célula, muchas células. Diversidad celular. Tejidos sin telar. Órganos animales y vegetales. Sistemas de órganos. Ante todo, la coordinación.



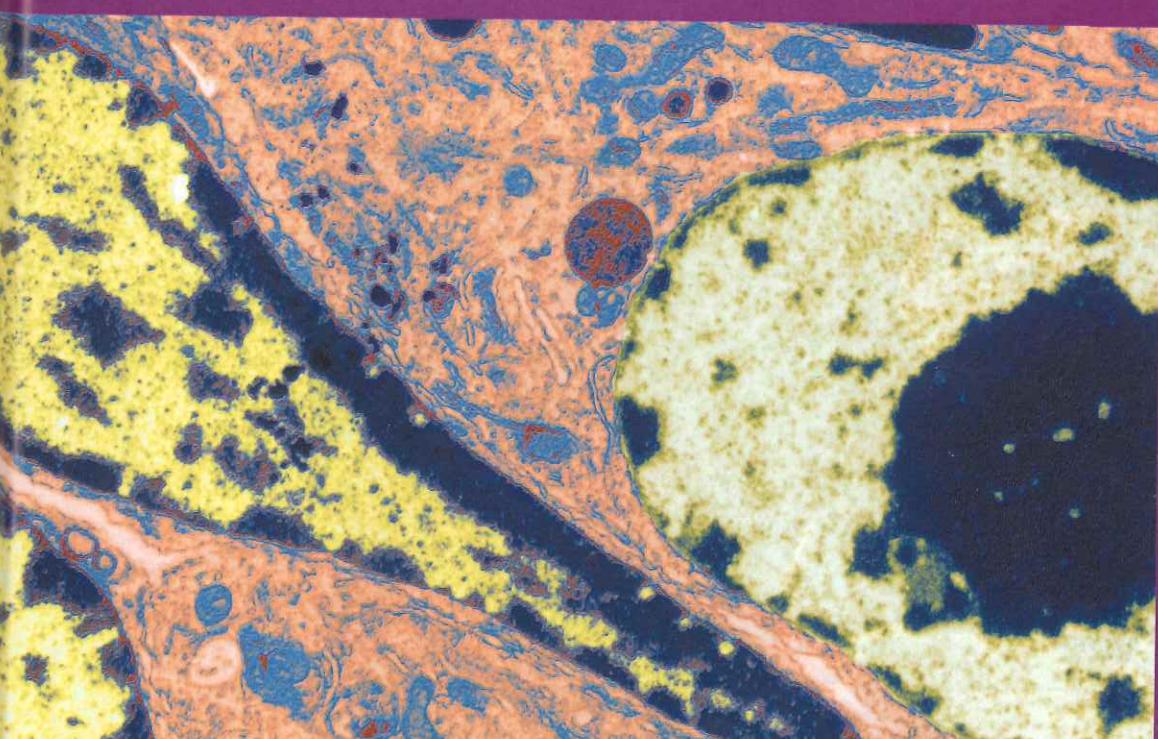
Nuestra gente Células madre, el futuro está aquí

78

¿Qué son las células madre? ¿Para qué sirven? La doctora Ana del Pozo nos cuenta el presente y el futuro de la utilización de las células madre en nuestro país.



Si hay algo que nos aúna a todos los seres vivos es el hecho de estar constituidos por **células**, sea una o millones. En la imagen, fotografía de células animales obtenida con un microscopio electrónico y coloreada artificialmente.



31

Sección II

Capítulo 3

Un ser vivo: un sistema



lejos

32

La vida en el espacio exterior. ¿Qué fantasías ha provocado en nuestros antepasados la vida extraterrestre? ¿Qué posibilidad real existe de que haya vida en otras partes? ¿Qué piensan los científicos? Si hay vida extraterrestre, ¿será similar a la de la Tierra? El espacio exterior, el cielo y las estrellas siempre despertaron gran curiosidad en los seres humanos. Desde la época de la antigua Grecia, la humanidad ha especulado que podrían existir otros sistemas solares y que algunos podrían albergar otras formas de vida. Incluso, hace 2.500 años se postuló la hipótesis de la **panspermia**, según la cual la vida habría llegado a la Tierra desde el espacio exterior a través de meteoritos que chocaron con nuestro planeta. En el siglo xx, el astrónomo estadounidense Edwin Hubble descubrió que las nebulosas del cielo, más allá de nuestra galaxia, contenían miles de millones de estrellas. Entonces, si existen otros planetas alrededor de estrellas similares al Sol, podemos preguntarnos si también allí hay vida.

Lejos de creer que va a bajar un marciano de un plato volador, muchos investigadores toman en serio la posibilidad de que exista vida no sólo en la Tierra sino también en el Universo. La ciencia ficción lo refleja en sus películas y libros a través de extraterrestres con forma humanoide. Pero: ¿por qué deberíamos suponer que las formas de vida extraterrestre son similares a las de la Tierra? Es lógico buscar condiciones parecidas a las terrestres, ya que son las únicas referencias de las que disponemos. Sin embargo, esto no implica que los extraterrestres tengan que tener dos brazos y dos piernas. De hecho, muchos científicos esperan que las primeras señales de vida fuera de la Tierra sean formas de vida unicelulares, como bacterias. Quizás lo más emocionante y desafiante de la **exobiología** (que estudia la vida fuera de la Tierra) es pensar que eso que llamamos "vida" podría ser totalmente diferente de la nuestra. ¿Podría ocurrir que otras formas, desconocidas por nosotros, utilicen sustancias como el amoníaco en lugar de agua, como sustento de la vida? ¿O que el silicio sea el elemento constituyente de la vida, en lugar del carbono? Y quizás son tan diferentes que no las llamaríamos vida, según el criterio "terrícola". ¿Podríamos acaso reconocerlas?



Fig. 3-1. Imagen de *ET (El extraterrestre)*, la película que dirigió Steven Spielberg. Estados Unidos, 1982.

La vida en el fondo del mar. Buscar vida extraterrestre es un desafío que atrae a científicos y novatos. Pero no menos atractivo es descubrir nuevos organismos acá, en nuestro planeta.

La vida en la Tierra sorprende tanto a los científicos que, en los últimos años, descubrieron organismos desconocidos hasta ahora en ambientes que creían inhabitables. De hecho, esos ambientes resultan inhóspitos para la mayoría de los seres vivos conocidos. A los organismos que habitan estos ambientes se los conoce como **extremófilos**: "amantes de las condiciones extremas". Por ejemplo, en 1977 se encontraron extrañas criaturas que viven en respiraderos hidrotermales o chimeneas eruptivas de las profundidades del mar, en total oscuridad. Estas comunidades, integradas por gusanos tubulares, extraños cangrejos y almejas albina, no dependen de organismos que aprovechan la luz del Sol como fuente de energía sino de bacterias y otros microorganismos que extraen la energía de compuestos químicos arrojados por los respiraderos, junto a aguas termales a 350 °C!

Además de estos organismos **termófilos** ("amantes de las altas temperaturas") se descubrieron otros que crecen en ambientes ácidos, en presencia de una elevada concentración de sales, en ambientes con alta presión, o incluso con muy bajas temperaturas.

Los extremófilos no sólo se desarrollan en las profundidades del mar, también se encontraron seres vivos, por ejemplo, en la cumbre de un volcán inactivo de los Andes chilenos, con poco oxígeno, elevada radiación ultravioleta y con una presión atmosférica muy baja.

El estudio de los extremófilos aumenta el convencimiento de los científicos de que la vida extraterrestre es posible, ya que las condiciones extremas no demuestran ser un obstáculo para la actividad biológica.



Fig. 3-2. El agua supercalentada que emana del respiradero o "chimenea" provee de compuestos químicos energéticos que sustentan a los gusanos tubulares y otros organismos que se desarrollan en este hábitat extremo.



1. Respondé las preguntas teniendo en cuenta la información de "lejos" y de "cerca".

- ¿Cuáles son las características que identifican a un ser vivo que habita la Tierra? Hacé un listado y, cuando termines el capítulo, revisalo.
- Habitualmente, en las expediciones al espacio, el hallazgo de rastros de agua se considera un indicio de la existencia de vida. ¿Por qué? ¿Cuál es la importancia del agua para la vida?
- En la página anterior se menciona el carbono como el constituyente de la vida. ¿Podrías mencionar algunos compuestos que lo incluyan en su estructura química?
- ¿Por qué resulta asombroso encontrar comunidades que se desarrollan en ausencia de luz?
- ¿Cuáles podrían ser los efectos de las temperaturas elevadas sobre los componentes de los seres vivos conocidos?
- ¿Considerás posible la existencia de vida en otros planetas? Discutilo con tus compañeros y aportá argumentos que sustenten tu postura.

33

S =

3 Capítulo

Los seres vivos como sistemas

Seguramente escuchaste hablar de un sistema informático, del sistema educativo, de un sistema ecológico (ecosistema) o del sistema digestivo. El término “**sistema**” forma parte del lenguaje cotidiano y se aplica a muchas disciplinas. También se considera al ser vivo como un sistema. Entonces, ¿qué es un sistema? Un sistema se define como un conjunto de componentes que se relacionan entre sí y actúan de manera coordinada. Es decir que un sistema es más que la simple suma de sus partes. Cada componente cumple una función particular y es esencial para el funcionamiento del sistema en su totalidad. Por ejemplo, el cuerpo humano puede ser considerado un sistema en el cual el corazón, el cerebro y el estómago son algunos de sus componentes. Si uno de estos órganos falla, el resto del sistema se verá afectado. A su vez, cada uno de esos órganos puede ser considerado un sistema en sí mismo, ya que está constituido por tejidos que actúan de manera coordinada. Por otra parte, cada tejido puede considerarse un sistema cuyas partes son las células que lo conforman.

c ¿Cuáles pueden ser las partes que integran un sistema informático? ¿Qué sucede si una de esas partes deja de funcionar?

De acuerdo con lo que estudiaste en años anteriores, ¿dirías que la célula es un sistema? Justificá tu respuesta.

Es importante aclarar que las dimensiones y los límites de un sistema no existen como tales en la Naturaleza sino que son establecidos en función del objetivo que se propone quien lo estudia. Por ejemplo, un ser vivo puede ser estudiado como un sistema. Pero para un ecólogo que estudia las relaciones de los seres vivos entre sí y con el ambiente, un ser vivo es un componente de otro sistema más complejo al que denomina “ecosistema”. El planeta Tierra, una laguna o una pecera, entre otros, pueden ser considerados ecosistemas.

¿Qué es un sistema abierto?

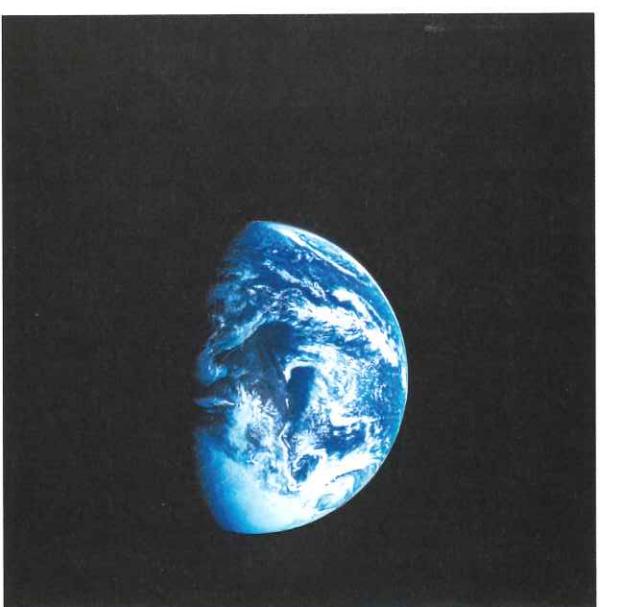
Como cualquier proceso natural, el fenómeno de la vida requiere **energía**. Esto puede ser obvio si pensamos en la energía que necesitamos para movernos. Pero otras funciones menos “evidentes” como la digestión, el pensamiento, e incluso el descanso consumen energía al igual que la actividad celular, como el transporte de

sustancias a través de la membrana celular o la construcción de nuevas moléculas.

Pero no sólo de energía vive un organismo. El cuerpo de todo ser vivo está formado por **materia**, es decir, por sustancias que constituyen sus células. Estas sustancias se necesitan para construir el organismo, para reparar los tejidos dañados y para reponer las células que se pierden en forma constante, porque aunque no notemos cambios en un organismo de un día al otro, sus moléculas se están renovando permanentemente. Para eso precisa “materiales de construcción”.

Ni la materia ni la energía que un organismo necesita se pueden crear de la nada. Los organismos dependen del entorno para obtenerlas. Al hablar de “entorno” no sólo tomamos en cuenta el ambiente físico sino a los otros organismos que conviven e interactúan entre sí.

Cuando un sistema depende del entorno para mantenerse en funcionamiento se dice que es un **sistema abierto**. Por lo tanto, los seres vivos son considerados sistemas abiertos. Los cambios en el entorno afectan al sistema y, a su vez, el entorno es afectado por la actividad del sistema. Por ejemplo, la escasez de oxígeno en el aire afecta el funcionamiento de los seres vivos. A su vez, la actividad de los seres vivos incide en la composición del aire.



▲ Fig. 3-3. El planeta Tierra puede considerarse en sí mismo un sistema abierto o ser estudiado como un componente de otro sistema más amplio: el Universo.



La figura 3-4 representa a un ser vivo como sistema abierto. Esto significa que entre el entorno y el sistema hay un intercambio de materia y energía. Pero hay otros casos en los que entre un sistema y su entorno se intercambia solamente energía (**sistema cerrado**), o bien no hay ningún intercambio (**sistema aislado**). Un ejemplo de sistema cerrado es un recipiente que contiene agua, herméticamente sellado, puesto a calentar. Un sistema aislado, en cambio, sólo existe en teoría, ya que no se conoce en todo el Universo un sistema que sea estrictamente aislado, excepto el propio Universo.

Flujo de la energía y ciclo de la materia

El intercambio de materia y energía del que venimos hablando involucra procesos complejos de transferencia y transformación en los que participan diferentes tipos de seres vivos que se relacionan entre sí y con el ambiente.

La energía fluye desde el Sol como energía lumínica hacia los organismos autótrofos, que la convierten en energía química en el proceso de la fotosíntesis. Durante la fotosíntesis, además, se libera al ambiente el gas oxígeno que todos los seres vivos aerobios (es decir, los que necesitan ese gas para vivir), incluidos los fotosintetizadores, utilizan

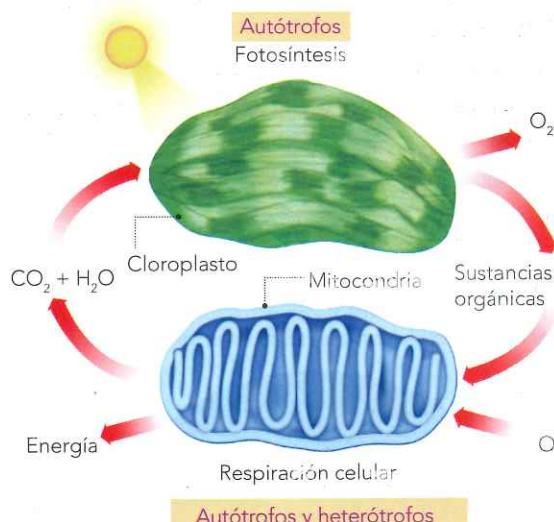
profundización

Cómo se aprovecha la energía solar en la Tierra.

La fuente principal de energía, de la que depende la vida en la Tierra, es el Sol. No obstante, del total de energía que llega a la superficie terrestre sólo se puede aprovechar una pequeña fracción (alrededor del 1%) en los procesos vitales. Esto es posible por la acción de algunos seres vivos, fundamentalmente plantas, algas y algunos tipos de bacterias, que son capaces de captar la radiación solar y la transforman en otra forma de energía que pueden aprovechar los organismos. Del 99% de energía solar restante, una parte se devuelve al espacio en forma de luz y la mayor parte es absorbida por la Tierra y transformada en calor. Este calor causa, entre otros efectos, la evaporación de las aguas de los océanos e influye en el clima.

en el proceso de la respiración. Las sustancias complejas fabricadas en la fotosíntesis, a partir de sustancias simples que incorporan del ambiente, constituyen el alimento, que aporta energía y el material de construcción de los organismos autótrofos. Pero, además, son la fuente de materia y energía de los heterótrofos que se alimentan de ellos. Tanto en los autótrofos como en los heterótrofos las sustancias complejas se degradan a sustancias más sencillas en el proceso de respiración celular, en el cual interviene el oxígeno gaseoso que los organismos incorporan del aire. Como resultado de este proceso se libera la energía contenida en las uniones químicas de las moléculas. Esta energía se emplea para cada una de las funciones que realiza el organismo y en cada una de sus células, y parte se pierde en forma de calor que se libera al exterior (figura 3-5).

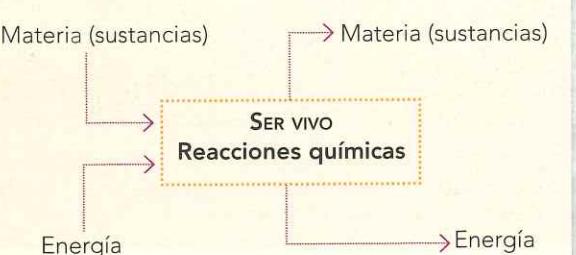
Entonces, la energía fluye desde el Sol a través de los seres vivos y parte de ella retorna al ambiente, pero los seres vivos no la pueden reutilizar. La materia, sin embargo, se recicla. Las sustancias simples que resultan del proceso de respiración celular retornan al ambiente, donde los organismos autótrofos las vuelven a utilizar para construir sustancias complejas, reiniciando el ciclo de la materia. ▲



▲ Fig. 3-5. Entre los seres vivos y el ambiente, la materia se recicla y la energía fluye.

2. Analizá la figura 3-4 y respondé.

- ¿Cuáles son las sustancias que ingresan si el ser vivo representado fuera una planta? ¿Y si se tratara de un animal?
- ¿Qué forma de energía incorpora un organismo que hace fotosíntesis? ¿Y un heterótrofo?
- Aportá un ejemplo de transformación en un organismo.
- ¿Qué ejemplos podés dar de cómo afecta al entorno la actividad de los seres vivos?



▲ Fig. 3-4. Intercambio de materia y energía entre un ser vivo y el entorno.

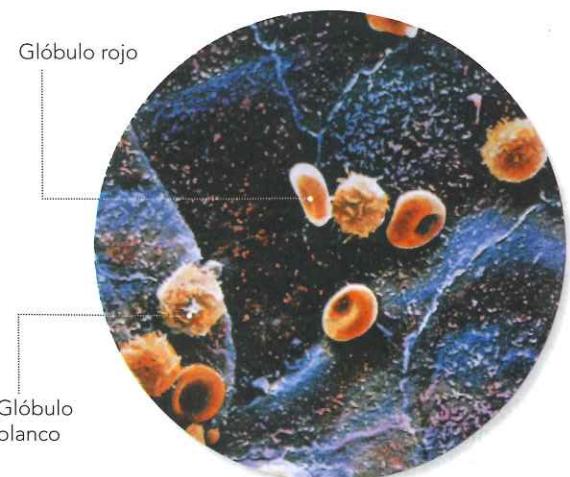
Las características de los seres vivos

En la apertura de este capítulo te planteamos si es posible que los científicos puedan reconocer la vida extraterrestre, teniendo como único parámetro lo que conocemos como vida en la Tierra. Pero, ¿qué entendemos por "vida"?

Esta pregunta parece simple de responder ya que, en general, podemos reconocer un organismo vivo cuando lo vemos. Sin embargo, no es fácil definir la vida. Por eso habitualmente se la explica, desde el punto de vista de la biología, a partir de las funciones de los organismos (nutrición, respiración, crecimiento, reproducción, etc.) o de su estructura (células, material genético, etc.). Es decir que *la vida se define a partir de las propiedades que comparten los seres vivos*. Por ejemplo, ¿qué tienen en común una bacteria, un árbol y



▲ Fig. 3-6. Paramecios vistos con el microscopio óptico. Son organismos unicelulares que viven en el medio acuático.



▲ Fig. 3-7. Los glóbulos rojos y los glóbulos blancos son células del cuerpo humano que, junto con las plaquetas y el plasma, integran el tejido sanguíneo.

un ser humano? Aparentemente poco o nada. No obstante, son mucho más parecidos de lo que aparentan. La **unidad** que presentan los seres vivos es tan asombrosa como su **diversidad**.

Los organismos comparten propiedades que permite reunirlos dentro del grupo de los seres vivos y diferenciarlos de aquello que no tiene vida. Veamos esas características.

■ **Están formados por células.** Cada célula es una unidad microscópica que tiene vida, es decir que cumple con las mismas funciones vitales que un organismo: intercambia sustancias con el entorno celular, se nutre, se multiplica, etc. Hay organismos **unicelulares** cuya única célula cumple con todas las funciones vitales (figura 3-6). Los seres **pluricelulares**, por su parte, están integrados por muchas células que cumplen diferentes funciones y actúan de manera coordinada (figura 3-7).

■ **Intercambian materia y energía con el ambiente.** Para cumplir con sus funciones, mantener sus células, nutrirse, crecer y multiplicarse, los seres vivos necesitan materia y energía, que obtienen del ambiente que los rodea. Dentro del organismo la materia y la energía se transforman, se utilizan, se almacenan, y una parte se elimina.

■ **Mantienen estable su medio interno.** Esta propiedad se denomina **homeostasis** y consiste en mantener estables las condiciones internas del organismo (concentración de sales, proporción de agua, temperatura, presión, etc.) independientemente de los cambios en el entorno. La homeostasis es una condición fundamental para el funcionamiento del organismo y, a su vez, el funcionamiento del organismo hace posible que se mantenga la homeostasis (figura 3-8).



▲ Fig. 3-8. Mantener el equilibrio hídrico es un ejemplo de homeostasis. Para lograrlo, el organismo debe incorporar diariamente la misma cantidad de agua que elimina.



Célula:
capítulo 5.
Células,
tejidos y
sistemas:
capítulo 6.
Homeostasis
capítulo 14.
Evolución:
capítulo 19.
Recepción
de estímulos:
capítulo 11.
Reproducción,
crecimiento
y desarrollo:
capítulo 16.
Genética
y herencia:
capítulo 17.

■ **Están adaptados a su ambiente.** Los organismos poseen características que posibilitan su supervivencia en el medio que habitan. Estas características, denominadas **adaptaciones**, son el resultado de un largo proceso evolutivo, que se produce a través de muchas generaciones. Los organismos que poseen estas características logran sobrevivir, reproducirse y transmitir sus rasgos a los descendientes (figura 3-9).

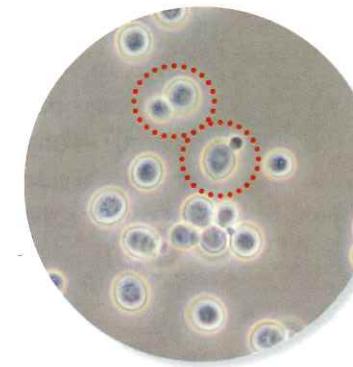
■ **Responden a los estímulos.** Un estímulo es un cambio que ocurre dentro o fuera del organismo. Por ejemplo, el hambre o el dolor son estímulos internos, mientras que una luz y un sonido son estímulos externos. El organismo tiene receptores capaces de detectar estos cambios y responde rápidamente a ellos. Esta capacidad recibe el nombre de **irritabilidad** y les permite a los seres vivos protegerse, defenderse y conservar sus condiciones internas estables (figura 3-10).



▲ Fig. 3-9. El pelaje abundante y la gruesa capa de grasa que cubren al oso polar son adaptaciones que le permiten sobrevivir en las zonas heladas donde habita.



▲ Fig. 3-10. La planta crece hacia la dirección de donde proviene el estímulo de luz (fototropismo positivo). Esto favorece la captación de la energía lumínica en la fotosíntesis.



▲ Fig. 3-12. Las levaduras son organismos unicelulares que pueden reproducirse asexualmente a través del proceso de gemación, por el cual una porción de la célula original se desprende y continúa su vida como un organismo independiente.



3. Resolvé.

- ¿Cuál sería el entorno celular de un organismo como el paramecio, el de un glóbulo rojo y el de una bacteria?
- Reúnete con dos compañeros y expliquen por qué se afirma que la reproducción no se considera una

■ **Crecen y se desarrollan.** Todos los organismos crecen en determinada etapa de su vida. En los unicelulares, el crecimiento involucra un aumento en el número de moléculas que forman la única célula del organismo. En los seres pluricelulares, el crecimiento resulta del aumento en el número de células que componen el organismo, y se acompaña de un proceso de desarrollo que involucra cambios en la forma y el funcionamiento del organismo (figura 3-11).

■ **Tienen la capacidad de reproducirse.** Mediante el proceso de reproducción los seres vivos dan origen a nuevos organismos similares a sus progenitores. *La reproducción no se considera una función vital para el organismo mismo, aunque sí lo es para la especie a la cual pertenece*. A través de la reproducción se asegura la continuidad de la especie más allá de la muerte de los individuos (figura 3-12).



▲ Fig. 3-11. El paso de la niñez a la adolescencia no sólo involucra el aumento en altura sino el desarrollo de caracteres sexuales estimulado por la actividad hormonal y los cambios en el carácter, los gustos e intereses.

función vital para el organismo, pero sí para la especie.

- c) ¿Dirías que el parecido en el color que tienen algunos organismos con el paisaje es una adaptación al ambiente? En tal caso, ¿qué ventaja ofrece esa característica?

Una cuestión de organización

Las características que estudiaste en las páginas anteriores identifican a todos los seres vivos como tales, más allá de sus diferencias, y permite diferenciarlos de lo no vivo. Por ejemplo, el aire es un componente del ecosistema que sabemos que no tiene vida, no cumple con las funciones vitales. Pero ¿los seres vivos tenemos algo en común con la materia inerte? Para comenzar a pensar en esto realizá la siguiente actividad:

C ¿Cuáles son los componentes del aire que inhalamos? (podés consultar la figura 8-13).

¿Qué elementos químicos forman esos componentes?

Analizá el cuadro 3-1 e indicá cuáles son los elementos químicos más abundantes en el cuerpo humano.

¿Qué podrías concluir acerca de la composición química del aire y del cuerpo humano?

Abundancia relativa de los elementos químicos en el cuerpo humano

Elementos	%
Carbono (C)	9,5
Hidrógeno (H)	63
Oxígeno (O)	25,5
Nitrógeno (N)	1,4
Fósforo (P)	0,22
Azufre (S)	0,05
Total	99,67

Otros elementos en menor proporción: calcio, sodio, potasio, hierro y magnesio, entre otros.

▲ Cuadro 3-1. Elementos químicos en el cuerpo humano.

C 4. Luego de leer la página 39 respondé estas preguntas.

- a) ¿Cuál es el nivel de organización más complejo que pueden alcanzar los objetos sin vida?
- b) ¿Cuál es el primer nivel de organización en el que aparece la vida como propiedad?

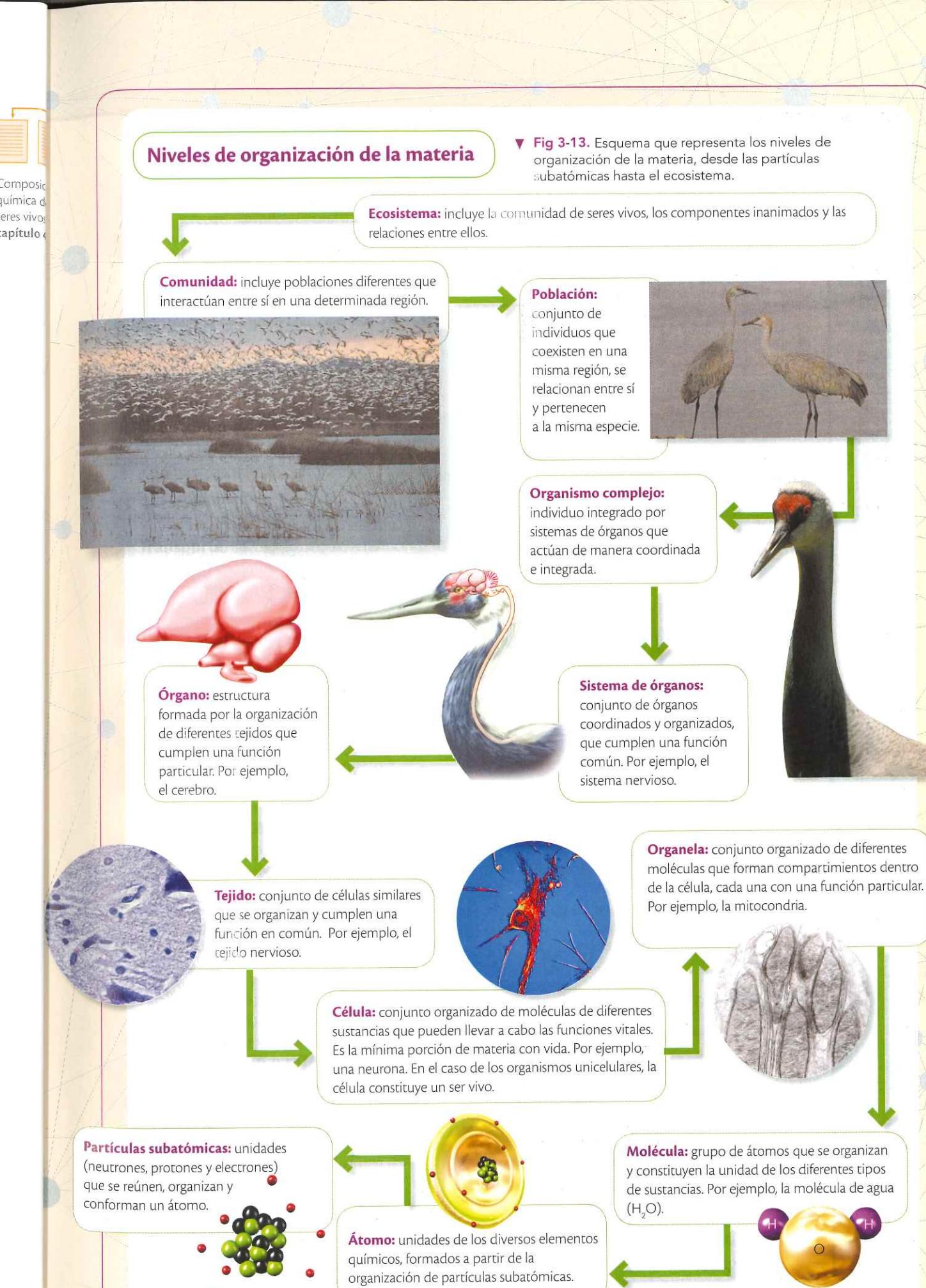
Sin duda, aunque los organismos tienen características que los diferencian claramente de la materia sin vida, es interesante notar que están formados por los mismos elementos químicos que la materia inanimada. Entonces, ¿por qué un ser humano o una bacteria tienen vida y el aire no? ¿Cuál es la diferencia entre ellos?

La diferencia fundamental entre los seres vivos y la materia sin vida está dada por el modo en que los elementos químicos se organizan. Es decir, por la cantidad de átomos que componen las diferentes moléculas, cómo se ubican unos respecto de otros, qué tipos de moléculas construyen, la forma que adoptan esas moléculas, cómo se relacionan entre sí, las estructuras que constituyen, etc. Por lo tanto, la clave está en la **organización de la materia**.

¿Por qué, por ejemplo, un ser humano y una bacteria, a pesar de que están constituidos por los mismos elementos químicos, son tan diferentes? Esto también puede explicarse a partir de la organización de la materia.

La materia se organiza en distintos **niveles** que van desde las partículas subatómicas hasta los organismos complejos. A su vez, éstos se agrupan en organizaciones más complejas hasta llegar al ecosistema, que incluye los componentes vivos y los componentes no vivos, y las relaciones que se establecen entre ellos.

La complejidad de cada uno de estos niveles no está determinada sólo por la **cantidad** de materia que lo constituye sino también por el **modo** en que se combinan los diferentes componentes. Esto determina que en cada nivel de organización aparezcan características nuevas que no son simplemente la suma de las propiedades de los componentes del nivel anterior. Por ejemplo, las moléculas son estructuras sin vida, pero al organizarse pueden dar lugar a la formación de una célula, que es una estructura que presenta una propiedad nueva: la vida. En la página siguiente te mostramos estos conceptos en un esquema.



▼ Fig 3-13. Esquema que representa los niveles de organización de la materia, desde las partículas subatómicas hasta el ecosistema.



Aplicación y análisis

5. A continuación se plantean diferentes situaciones que ocurren en un organismo. Determiná a qué característica de los seres vivos hace referencia cada una de ellas.
- | Situación | Característica |
|--|--------------------------|
| Una persona parpadea cuando se enciende una luz potente. | <input type="checkbox"/> |
| Cuando se realiza una actividad intensa, la pérdida de sudor permite bajar la temperatura corporal. | <input type="checkbox"/> |
| La rana inicia su vida como renacuajo en el agua y luego se convierte en rana adulta, que vive en el agua y en la tierra (anfibio). | <input type="checkbox"/> |
| Se corta el gajo de una planta y se cultiva. Al poco tiempo se origina otro organismo idéntico al primero. | <input type="checkbox"/> |
| Los organismos fotosintetizadores captan energía lumínica y sustancias sencillas y fabrican sustancias complejas que utilizan de alimento otros seres vivos. | <input type="checkbox"/> |
| Los organismos termófilos tienen proteínas especiales que resisten las altas temperaturas y permiten el cumplimiento de las funciones vitales. | <input type="checkbox"/> |
| Las espinas de los cactus tienen menor superficie en contacto con el exterior y esto impide la pérdida excesiva de agua, un recurso escaso en el ambiente que habitan. | <input type="checkbox"/> |
| Al hacer un cultivo de bacterias en un laboratorio, al poco tiempo se obtienen colonias, que son agrupaciones de bacterias iguales a las originales. | <input type="checkbox"/> |
| Al observar la catáfila de la cebolla a través de un microscopio se ven las unidades microscópicas que la forman. | <input type="checkbox"/> |
6. Redactá para cada par de términos un texto en el que ambos aparezcan relacionados entre sí.
- Extremófilos / vida.
 - Ser vivo / sistema abierto.
 - Molécula / sistema.
 - Energía lumínica / autótrofos.
 - Homeostasis / ambiente.
 - Estímulos / homeostasis.
 - Crecimiento / desarrollo.
 - Reproducción / especie.

7. Determiná si cada una de las siguientes afirmaciones es verdadera o falsa y justificá tu respuesta.
- Los organismos extremófilos que viven en el fondo del mar no dependen del entorno para obtener energía, ya que no captan energía lumínica.
 - Una bacteria y un ser humano podrían incluirse en el mismo nivel de organización: organismo.
 - Un organismo carnívoro depende de los vegetales para la obtención de materia y energía.
 - Sólo se necesita incorporar sustancias para el proceso de crecimiento del organismo.
 - Los organismos autótrofos no incorporan materia, ya que ellos mismos la fabrican en el proceso de fotosíntesis.
 - Las plantas no necesitan incorporar oxígeno gaseoso porque lo producen en la fotosíntesis.
 - La hipertensión (presión sanguínea elevada) indica un trastorno en la condición de homeostasis.
 - La reproducción es una función vital para el ser vivo.
 - Una célula de un organismo pluricelular es un ser vivo.
 - Una planta y el aire tienen componentes similares aunque uno es un ser vivo y el otro no.
 - Cada nuevo nivel de organización no es la simple suma de los niveles anteriores.
8. Reunite con un compañero. Lean el siguiente texto y respondan las consignas.

¿Los virus son seres vivos?

La observación de los **virus** sólo puede hacerse mediante el uso del microscopio electrónico, debido a su tamaño extremadamente pequeño. Los virus están constituidos por una **molécula de ácido nucleico (ADN o ARN)** rodeada de una cápsula de **proteínas**. En general, los virus poseen una cantidad pequeña de material genético que codifica para las propias proteínas estructurales del virus, de manera que no pueden crear nuevas partículas virales por sí solos. Aunque no son activos fuera de las **células**, los virus pueden replicarse al parasitar una célula hospedadora. Pueden infectar **células eucariotas** (animales o vegetales) o **procariotas**.

Para replicarse, el virus usa la maquinaria de la célula (**enzimas, ribosomas**), y así se generan

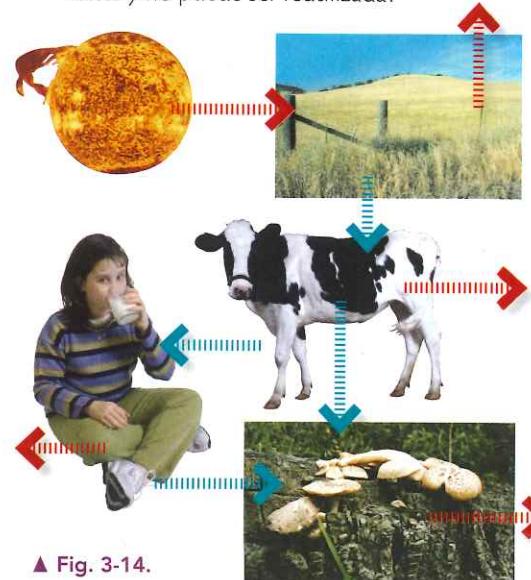
cientos de nuevas partículas virales que salen de la célula. En ese proceso reside la "malignidad" de los virus, ya que pueden perjudicar a la célula hasta destruirla.

- Dirían que los virus son seres vivos? Justifiquen su respuesta.
- En el texto se resaltan algunos términos vinculados con diferentes niveles de organización. Ordenen esos conceptos desde el más simple hasta el más complejo.

9. El cuerpo humano se puede considerar un sistema, y sus órganos, como los componentes de ese sistema. De acuerdo con esta idea respondan:

- ¿Cuál es la dependencia que tienen el estómago y el corazón entre sí?
- ¿Cuál es la dependencia del cerebro y de los músculos entre sí?
- ¿Cuáles son los órganos que captan estímulos del ambiente exterior?
- ¿Cuáles son los componentes del cuerpo humano responsables de regular y controlar el funcionamiento integrado y coordinado de todo el organismo?

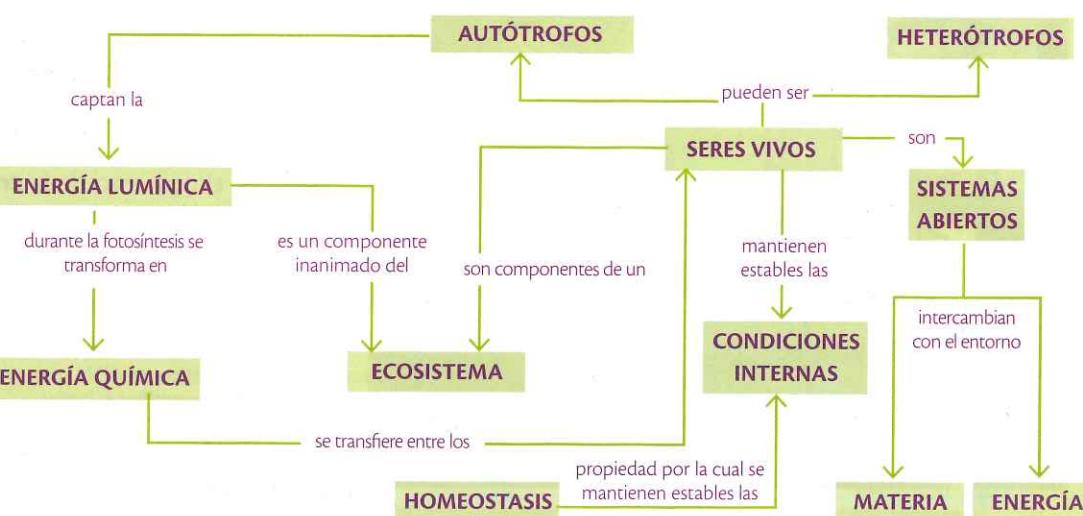
10. Observá la figura 3-14 y respondé:
- ¿Qué representa el esquema? Redactá un epígrafe para la figura.
 - El esquema muestra flechas de diferentes colores. ¿Qué representaría cada color?
 - ¿Qué tipo de materia (orgánica o inorgánica) es la que se transmite de un organismo a otro?
 - ¿Por qué no se agota la energía en un ecosistema si parte de ella se libera de manera constante y no puede ser reutilizada?



▲ Fig. 3-14.

Organización de la información

11. El siguiente esquema es una **red conceptual**. Consiste en una serie de **conceptos** unidos mediante **conectores** que relacionan dos conceptos. Las **flechas** indican el sentido de lectura. En las frases conectoras no se utilizan los conceptos enmarcados, tampoco la negación. Para comenzar a practicar el diseño de este tipo de esquemas te proponemos que escribas en tu carpeta todas las ideas posibles que se pueden extraer de esta red conceptual. Para esto deberás explicar cada relación entre conceptos y conectores. Por ejemplo: "seres vivos son componentes de un ecosistema". ¿Es correcta esta frase? ¿La complementarías para que sea más precisa? ¿Qué otros componentes hay en un ecosistema? ¿Cuántas ideas podés extraer de esta red conceptual? ¿Cómo incluirías en este esquema el concepto "célula"?



Los principales componentes de los seres vivos

Aunque parezca extraño, menos de cien elementos químicos diferentes alcanzan para construir toda la materia que nos rodea con su variedad de formas, tamaños y colores, y lo mismo ocurre con la totalidad del Universo. Sin embargo, unos pocos de estos elementos, principalmente carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S), son suficientes para construir todos los organismos conocidos. Estos elementos químicos se denominan **bioelementos** por su función en la constitución de los seres vivos, aunque también se los encuentra en el entorno no vivo; un ejemplo, el oxígeno y el carbono que forman parte del dióxido de carbono (CO_2) del aire.

Observá el cuadro 4-1, ¿qué conclusión podés sacar? Alrededor del 99% del cuerpo de estos organismos está formado a partir de los seis tipos de elementos que ya te mencionamos y por eso se denominan **bioelementos primarios**. El resto de los componentes (en menor proporción) incluye elementos como calcio, sodio, potasio, magnesio, hierro, yodo y cloro, entre otros, a los que se denomina **bioelementos secundarios**, también esenciales para el organismo.

Leche descremada Información nutricional (por cada 100 ml)	
Valor energético	45 Kcal
Lípidos	1,5 g
Proteínas	3,1 g
Carbohidratos	4,7 g
Vitamina A	211 UI
Vitamina D	40 UI

Galletitas de agua sin sal Información nutricional (por cada 100 g)	
Valor energético	420 Kcal
Proteínas	12,2 g
Carbohidratos	65 g
Lípidos	12,5 g
Fibra alimentaria	4,8 g
Sodio	109 mg
Colesterol	0 mg

▲ Fig. 4-3. Etiquetas de diferentes envases de alimentos.

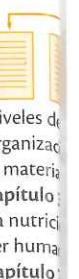
- c** 2. ¿Cuáles son las principales biomoléculas presentes en todos los seres vivos? Para responder esta pregunta te sugerimos que primero analices la información que aportan las etiquetas de la figura 4-3 y después contestes cada una de estas cuestiones respetando el orden.
- ¿Cuál es el origen de cada uno de estos alimentos?
 - ¿Cuáles son los componentes que se encuentran en mayor proporción en cada alimento? ¿Cuáles se encuentran en menor proporción?
 - Averiguá qué es la fibra alimentaria. ¿De qué origen es? ¿Dentro de qué grupo de componentes se podrían incluir?
 - ¿Qué tipo de sustancia es el colesterol? ¿Por qué se lo menciona aparte en la etiqueta del envase de galletitas?
 - ¿Qué es el “valor energético” de un alimento?
 - ¿Qué otro valor tienen los alimentos para el organismo de quien los consume?
 - Si se suma el peso de los componentes que figuran en cada etiqueta no se llega al peso total del alimento que contiene el envase. Esto demuestra que existen otros componentes que no figuran en la composición. ¿Cuál o cuáles pensás que faltan?
 - Si tenés en cuenta la información que aportan los envases de los alimentos, ¿qué dirías acerca de la relación entre la composición de estos productos y la del cuerpo humano?

Como viste en el capítulo anterior, los átomos que componen los diferentes elementos se combinan en cantidades y formas variadas y constituyen partículas de un nivel de organización más complejo: **moléculas** e **iones**. El medio interno de los seres vivos es una mezcla de moléculas sencillas y complejas que interactúan entre sí. Las principales moléculas que forman los organismos se denominan **biomoléculas** o **moléculas de importancia biológica**.

Elementos	Ser humano	Alfalfa	Bacteria
C	19,37	11,34	12,14
H	9,31	8,72	9,94
O	62,81	77,90	73,68
N	5,14	0,82	3,04
P	0,63	0,71	0,60
S	0,64	0,10	0,32
Total CHONPS	97,90	99,59	99,72

▲ Cuadro 4-1. Composición elemental en tres tipos de seres vivos expresada en porcentaje.

Yogur / Información nutricional (por cada 100 g)	
Valor energético	100 Kcal
Carbohidratos	16 g
Proteínas	4,4 g
Lípidos	2,7 g
Calcio	140 mg
Fósforo	110 mg
Vitamina A	640 UI
Vitamina D	64 UI
Vitamina E	2,4 mg
Vitamina B2	0,21 mg
Vitamina B12	0,25 µg



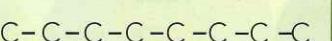
A partir de la actividad anterior es posible concluir que existen biomoléculas comunes a todos los seres vivos. Entre ellas hay sustancias **orgánicas**, como las proteínas, los lípidos, los hidratos de carbono (o carbohidratos), los ácidos nucleicos y las vitaminas, y también otras **inorgánicas**, como el agua y el dióxido de carbono. Además, todos los seres vivos poseen pequeñas cantidades de minerales (que son compuestos iónicos).

Ahora bien, ¿cuál es la diferencia entre las sustancias orgánicas y las inorgánicas? En el siglo XVIII denominaban orgánicas a aquellas sustancias que sólo se producían en los seres vivos, e inorgánicas a las que no procedían de ellos. Pero esta idea cambió a partir de las experiencias del químico alemán Friedrich Wöhler, quien en 1828 sintetizó, en el laboratorio y sin intervención de seres vivos, la **urea** (una sustancia presente en la orina de los animales). Desde entonces no resulta estrictamente correcto seguir hablando de sustancias orgánicas e inorgánicas aunque, por costumbre, se continúa empleando esta denominación.

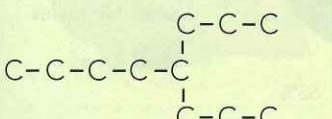
Alas moléculas orgánicas se las denomina **compuestos del carbono**, ya que se caracterizan por tener un “esqueleto” o una estructura formada por cadenas de átomos de carbono enlazados entre sí a los que están unidos átomos de hidrógeno (además de otros grupos de átomos). Como podés observar en la figura 4-4, estas cadenas se pueden constituir a partir de unos pocos átomos de carbono o de un gran número de ellos, y pueden ramificarse, plegarse y adoptar formas diversas. Así dan origen a una enorme variedad de moléculas que determinan, a su vez, la gran diversidad de funciones que desempeñan.

Algunas moléculas orgánicas son complejas y se

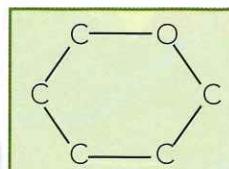
Cadena lineal



Cadena ramificada

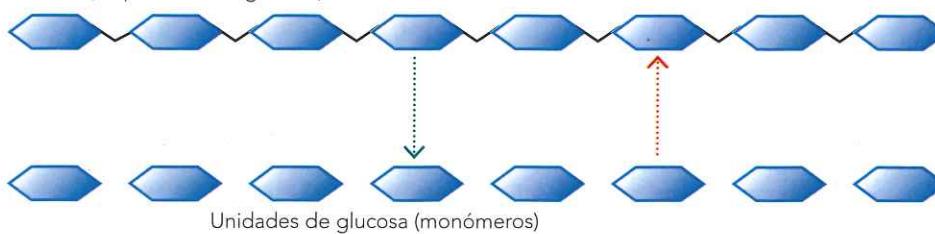


Ciclo



▲ Fig. 4-4. Algunos tipos de esqueletos de compuestos del carbono.

Almidón (un polímero de glucosa)



◀ Fig. 4-5. Fragmento de la molécula de almidón, un polímero formado a partir de la unión de monómeros de glucosa.

constituyen a partir de la unión de moléculas más sencillas. Por ejemplo, el almidón y la celulosa se forman a partir de la unión de miles de moléculas de glucosa (figura 4-5). Las proteínas lo hacen a partir de la unión de decenas o cientos de aminoácidos, y la unión de miles o millones de nucleótidos forma las moléculas de ácidos nucleicos. En general, cada una de las unidades que componen las grandes moléculas se denominan **monómero** y el producto que resulta es un **polímero**. Los polímeros son, a su vez, **macromoléculas**, es decir, moléculas de elevada masa molecular.

Funciones de las biomoléculas

En un ser vivo, las biomoléculas cumplen estas funciones:

- **Estructural o constructiva.** Constituyen los materiales de construcción utilizados para la formación y el funcionamiento de las células y para el reemplazo de las estructuras dañadas.
- **Energética.** Almacenan y aportan la energía necesaria para mantener la organización y el funcionamiento del organismo.
- **Reguladora.** Controlan y regulan reacciones químicas en las que intervienen.

Debemos tener en cuenta que aunque algunas biomoléculas cumplen principalmente una sola de las funciones mencionadas, también realizan otras. Por ejemplo, las proteínas son, básicamente, componentes estructurales, pero determinadas proteínas, como las enzimas (que veremos más adelante), cumplen funciones reguladoras. Por otra parte, aunque los carbohidratos y los lípidos son, en su mayoría, la fuente de energía de las células, también son componentes estructurales de las membranas celulares.

Tipo de biomolécula	Unidad
Carbohidratos	Monosacárido
Proteínas	Aminoácido
Triglicéridos y fosfolípidos (lípidos)	Ácido graso
Ácidos nucleicos	Nucleótido

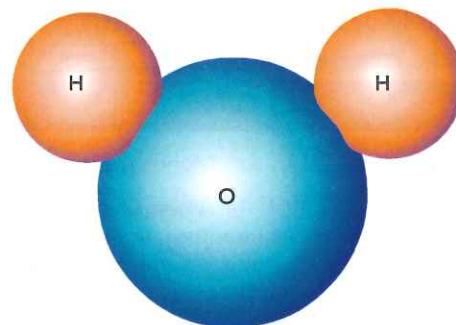
▲ Cuadro 4-2. Algunas biomoléculas y sus unidades.

El agua en los seres vivos

El agua juega un papel esencial en los seres vivos. De hecho, cuando se estudia un nuevo ambiente se la considera como un indicador de la presencia de vida, actual o pasada. No hay que olvidar que la vida se originó hace más de 3.500 millones de años en el medio acuático y las condiciones de aquel ambiente primitivo fueron determinantes en la química de los seres vivos. En la figura 4-6 podés observar el modelo molecular que representa la estructura química del agua, una biomolécula pequeña formada por dos átomos de hidrógeno unidos a un átomo de oxígeno.

Observá ahora el gráfico de la figura 4-7. El agua representa, aproximadamente, dos tercios del peso de una persona. Esto significa que en un adulto que pesa 70 kg hay aproximadamente 45 kg de agua. El resto del peso corporal está representado por las sustancias orgánicas y, en menor medida, por sustancias minerales.

El agua es el principal componente en todos los seres vivos: constituye entre el 65 y el 90% de su peso. En general, las plantas tienen más proporción de esta sustancia que los animales y, en estos últimos, ciertos tejidos, como el nervioso, contienen más cantidad que otros, como el óseo. La mayor parte del agua se encuentra dentro de las células y el resto en el espacio extracelular (fuera de las células) y dentro de los vasos



▲ Fig. 4-6. Representación de una molécula de agua.

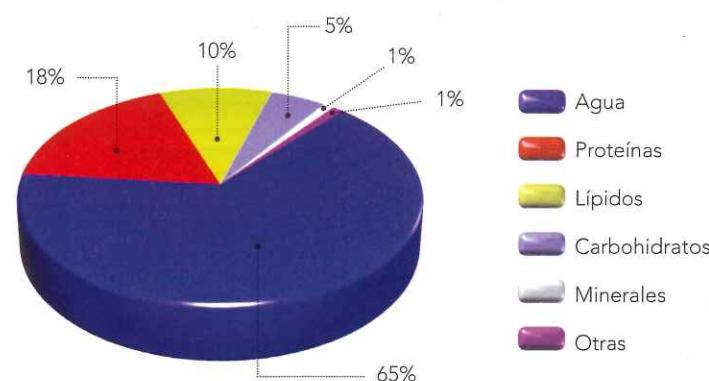
- 3. Reúnete con un compañero y resuelvan.**

a) Como ya vieron en el capítulo 3, la homeostasis es el mantenimiento de las condiciones internas del organismo. Utilicen un ejemplo cotidiano que explique esta afirmación en relación con el balance

que transportan fluidos, como la sangre, la linfa y la savia. En algunos seres unicelulares y en los organismos acuáticos el agua es, además, su medio.

¿Cuánta agua incorporás por día? ¿Cuántas veces orinás en un día? ¿De que otra manera se pierde agua que no sea a través de la orina? Todos los organismos la incorporamos diariamente y la eliminamos de manera que el porcentaje corporal se mantenga estable; esto se conoce como **balance o equilibrio hídrico**. Este balance es muy importante, sólo basta con tener en cuenta las funciones que desempeña el agua en el organismo:

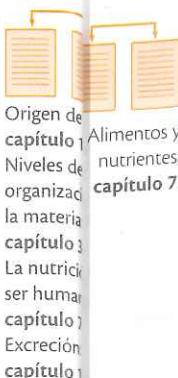
- Interviene en diferentes reacciones químicas. Por ejemplo, participa en la fotosíntesis y en la respiración celular.
 - Tiene propiedades químicas particulares que la convierten en un buen solvente. Disuelve sustancias (nutrientes y hormonas) y las transporta a través del cuerpo. También transporta desechos y facilita su eliminación del organismo.
 - Permite los movimientos internos en la célula y el citoplasma celular.
 - Da volumen y turgencia a muchos seres vivos, como los gusanos.
 - Contribuye al mantenimiento de la temperatura corporal (el sudor libera calor y baja la temperatura corporal).



▲ **Fig. 4-7.** Principales sustancias del cuerpo humano y sus proporciones.

hídrico. ¿Cuál es la relación entre la condición de homeostasis y el balance hídrico?

b) Averigüen cuáles son las principales vías de incorporación y de eliminación de agua en el ser humano.



Los minerales

El sodio, el potasio, el calcio, el fósforo, el magnesio y el hierro, entre otros minerales, son fundamentales para los organismos. En los seres vivos pueden encontrarse como sales minerales de tres modos:

- **Disueltos** en los medios celulares internos y exteriores donde son necesarios en cantidades mínimas como reguladores de las reacciones químicas. Por ejemplo, el sodio y el potasio se requieren para la transmisión del impulso nervioso y el transporte de sustancias a través de membranas celulares.
 - Formando **estructuras sólidas** que tienen función de sostén o protectora, como las sales de calcio que componen el esqueleto interno, el esqueleto externo y el caparazón de algunos organismos.
 - Asociados a **moléculas orgánicas**, como el magnesio en la clorofila (el pigmento fotosintético), el hierro en la hemoglobina (en los glóbulos rojos), y el fósforo en los fosfolípidos y en los ácidos nucleicos. Los minerales deben obtenerse por medio de la dieta, tanto en los alimentos como disueltos en el agua potable, ya que *el organismo no puede fabricarlos*.



◀ **Fig. 4-8.** Los minerales cumplen, entre otras, funciones de protección y sostén, como en los caparazones y esqueletos.

c 4. En una experiencia realizada en ratas se observó que al suministrarles una dieta con todas las biomoléculas, excepto vitaminas, el crecimiento se detenía. Al agregar en la leche el suplemento de una pequeña cantidad de vitaminas, se promovía de nuevo el crecimiento (aumento de la cantidad de células).

Las vitaminas ¿tienen una función estructural?, ¿cómo explicarías su influencia en el crecimiento?

Las vitaminas

A diferencia de otros grupos de biomoléculas que tienen una estructura similar, las vitaminas constituyen un grupo heterogéneo de sustancias orgánicas que difieren unas de otras tanto en su estructura química como en su función. Sin embargo, se las agrupa ya que comparten algunas características:

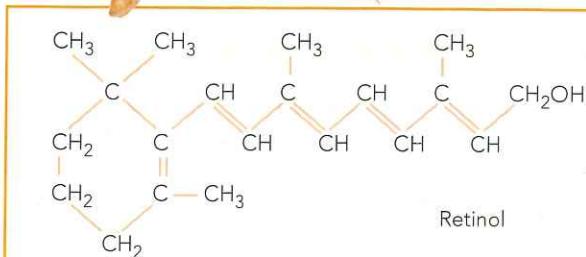
- son esenciales en cantidades ínfimas para mantener la salud del organismo;
 - participan en reacciones químicas en asociación con las enzimas;
 - no se utilizan como fuente de energía;
 - la mayoría no cumple funciones estructurales.

Las plantas pueden fabricar vitaminas en sus hojas, pero la mayoría de las vitaminas no son sintetizadas por el cuerpo de los animales, o se fabrican en muy poca cantidad como para cubrir sus requerimientos, por lo que, al igual que los minerales, *las debemos incorporar con los alimentos*. La cantidad necesaria de cada vitamina es diferente, y tanto la carencia como el exceso pueden causar trastornos en el organismo.

Las más de quince vitaminas identificadas se pueden clasificar en dos grupos teniendo en cuenta su solubilidad: **liposolubles** o solubles en grasas (vitaminas A, D, E y K), que se depositan en los tejidos grasos y se utilizan cuando son necesarias (figura 4-9), y las vitaminas **hidrosolubles** o solubles en agua (complejo B y C), que no se depositan y por eso, al estar en exceso, se excretan inmediatamente del cuerpo.



► **Fig. 4-9.**
La vitamina A (retinol) es liposoluble y tiene una función importante en la visión.
El ser humano la obtiene al consumir pescado, huevos y zanahorias, entre



Las proteínas

Las proteínas son las moléculas orgánicas más abundantes en las células. Puede haber cientos o miles de tipos diferentes de ellas en cada célula. Aunque todas están constituidas, fundamentalmente, por C, H, O y N (también suelen tener S), varían en sus formas, tamaños y funciones. Veamos algunas de las principales funciones biológicas que desempeñan las proteínas en los seres vivos.

- **Hormonal.** Actúan como hormonas, regulan la actividad fisiológica y metabólica de las células. Por ejemplo, la **insulina**, que regula la concentración de glucosa en la sangre.
- **Estructural.** Forman parte de la membrana celular, y gran parte de los tejidos. Por ejemplo, el **colágeno** de los cartílagos y tendones, la **elastina** de los ligamentos y la **queratina** del pelo y de las uñas.
- **Enzimática.** Actúan como enzimas: aceleran las reacciones químicas. Por ejemplo, la **pepsina** que participa en la transformación de las proteínas en cadenas más cortas de aminoácidos.
- **Transporte.** Ciertas proteínas transportan sustancias a través de la membrana celular, otras lo hacen en los líquidos extracelulares. Por ejemplo, la **hemoglobina**, que transporta oxígeno en la sangre.
- **Inmunológica.** Los **anticuerpos** son proteínas que intervienen en la defensa frente a agentes extraños.
- **Reserva.** Actúan como sustancias de reserva. Por ejemplo, la **ovoalbúmina** del huevo que nutre al embrión.
- **Movimiento.** Permiten el movimiento de las células o de determinadas organelas. La **actina** y la **miosina** son responsables de la contracción muscular.
- **Homeostática.** Ciertas proteínas mantienen el equilibrio osmótico del medio celular y extracelular.

A pesar de su enorme diversidad, todas las proteínas tienen una estructura química similar: como ya dijimos, están formadas a partir de unidades denominadas **aminoácidos**. Se conocen alrededor de ciento cincuenta aminoácidos diferentes, pero sólo veinte forman parte de las proteínas presentes en los organismos. La mayoría de los aminoácidos pueden sintetizarse unos a partir de otros, pero existen ocho de ellos, conocidos como **aminoácidos esenciales**, que no pueden ser sintetizados en el organismo y deben obtenerse en la dieta habitual. Cuando un alimento cuenta con proteínas con todos los aminoácidos esenciales, se dice que contiene proteínas "de alta calidad" o "buena calidad".

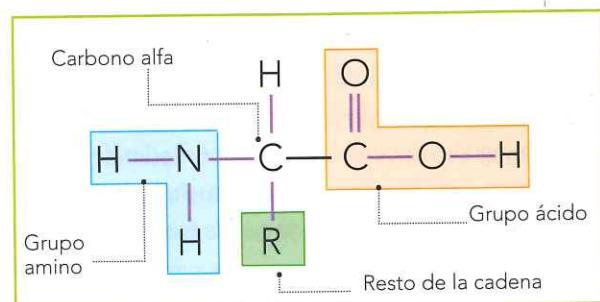
Todos los aminoácidos poseen la misma estructura general: un **grupo amino** (NH_2), un **grupo carboxilo**

$\text{Aminoácidos} = \text{Grupo amino}$
Grupo carboxilo
Grupo alfa

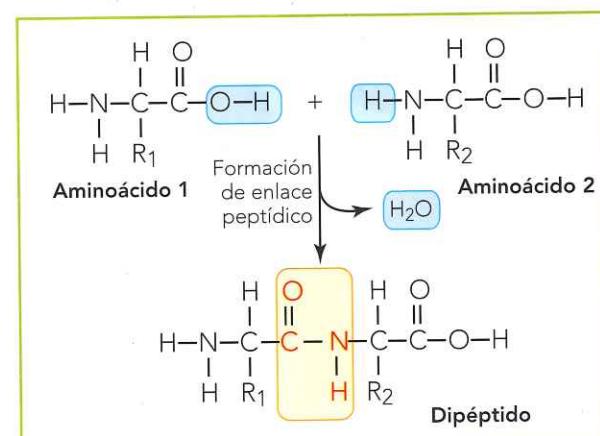
y el **carbono alfa** al que va unido el resto (**R**) de la molécula. El grupo R puede ser desde un simple hidrógeno hasta una cadena carbonada más o menos compleja. Este grupo es lo que diferencia a un aminoácido de otro (figura 4-10).

Observá la figura 4-11 que representa la formación de un **enlace peptídico** entre el extremo amino de un aminoácido y el grupo carboxilo de otro aminoácido. La sustancia que resulta de la unión es un **dipéptido**.

De la misma manera, si se unen tres aminoácidos, se forma un **tripéptido**, y así sucesivamente. Cuando se une un pequeño número de aminoácidos, hablamos de **oligopéptido**. Y cuando el número es mayor de diez, el producto es un **polipéptido**.



▲ Fig. 4-10. Representación de una molécula de aminoácido.



▲ Fig. 4-11. Formación de un dipéptido.

profundización
Un dipéptido que endulza. El **aspartamo**, una sustancia utilizada en la actualidad como edulcorante no calórico es 200 veces más dulce que el azúcar (un carbohidrato), pero estructuralmente está formado por dos aminoácidos unidos. Es un dipéptido.

Hormonas: capítulo 12	Digestión en la boca: capítulo 7.
Homeostasis: capítulo 3.	
Anticuerpo: capítulo 14	
Contracción muscular: capítulo 13	

Una vez formado un polipéptido, pasa por un proceso de plegamiento por el cual adquiere su estructura en el espacio, tridimensional, que le permitirá interactuar con otras moléculas y cumplir con su función específica. Sólo cuando un polipéptido adquiere su estructura espacial definitiva, se habla de una **proteína**. Es decir que una proteína es un polipéptido "funcional".

De esto podemos sacar otra conclusión: todas las proteínas son polipéptidos, pero no todos los polipéptidos son proteínas.

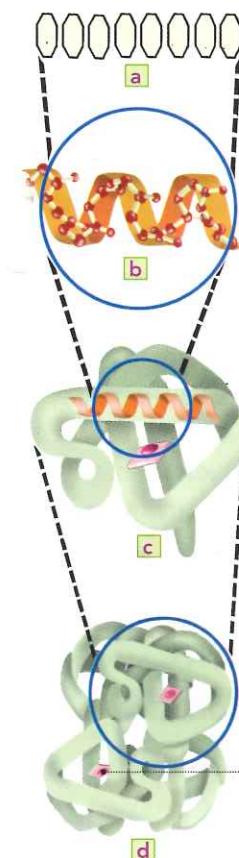
Las proteínas adoptan formas espaciales particulares, no son sencillamente una secuencia lineal de aminoácidos. Algunas tienen forma globular (esférica) y otras fibrilar (alargada). Entonces, **una proteína es una cadena polipeptídica que adoptó su forma espacial**. Esta estructura tridimensional les permite "reconocer" otras sustancias con las que interactúan, y es fundamental para cumplir con su función. Por ejemplo, la enzima amilasa, que se encuentra en la saliva y en el intestino, participa en la degradación del almidón presente en los alimentos. ¿Cómo "reconoce" la amilasa el almidón entre tantas otras sustancias que ingieren con la comida? Ese reconocimiento es posible debido a un "encaje" espacial entre la enzima y la sustancia con la que interactúa.

Existen proteínas que están compuestas por más de un polipéptido. Por lo tanto, sólo cuando se unen los diferentes polipéptidos, cada uno con su estructura espacial particular, constituirán la proteína. Por ejemplo, en la organización de una proteína, como la hemoglobina, pueden diferenciarse cuatro subunidades, como muestra la figura 4-12.

Un ejemplo que pone de manifiesto la importancia de la forma de una proteína para su función es el modo de acción de las enzimas (figura 4-13). Como ya te dijimos, cada tipo de enzima tiene una forma particular que "encaja" exactamente con otra molécula sobre la cual actúa, a la que se denomina de manera general **sustrato**.

El reconocimiento espacial entre la enzima (E) y el sustrato (S) hace posible que la primera cumpla su función, en el caso ilustrado, de acelerar la degradación

del sustrato en dos moléculas, los **productos** (P) de la reacción. En otros casos, las enzimas aceleran la unión de sustancias. Al reconocer el sustrato se constituye un **complejo enzima-sustrato** (ES) que acelera la reacción química. Una vez finalizada la reacción, la enzima se recupera y puede volver a actuar. ¿Qué creés que sucede si la molécula enzimática pierde su forma tridimensional? Si eso ocurre, no puede reconocer el sustrato y, por lo tanto no puede cumplir su función.



c)

5. Resolvé.

- ¿Qué similitudes y qué diferencias existen entre un aminoácido, un polipéptido y una proteína?
- De dónde obtenemos los aminoácidos que forman parte de nuestro cuerpo?
- Justificá esta afirmación: "Toda proteína es un polipéptido, pero no todo polipéptido es una proteína."

Sustratos (S)



▼ Fig. 4-13. Acción enzimática.



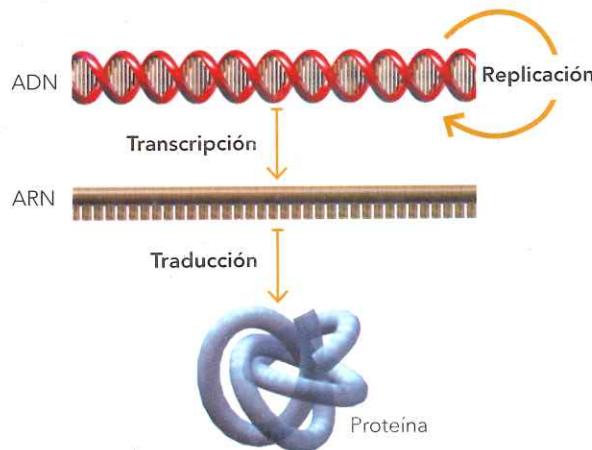
Productos (P)



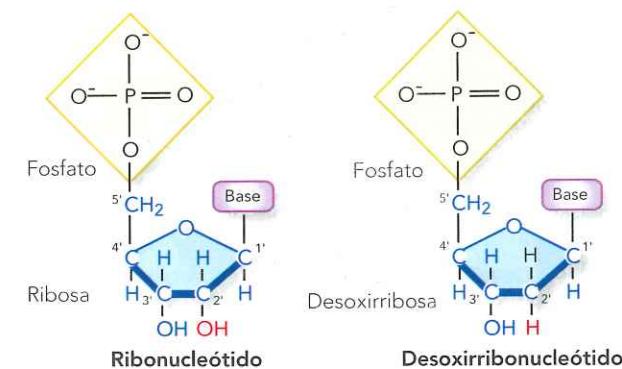
Los ácidos nucleicos: ADN y ARN

En los seres vivos se encuentran dos tipos de ácidos nucleicos: el **ADN (ácido desoxirribonucleico)** y el **ARN (ácido ribonucleico)**.

El ADN es el portador de la información genética, que se transmite de los progenitores a sus hijos en la reproducción. Las moléculas de ARN intervienen en el proceso por el cual se expresa esa información contenida en el ADN. ¿Y de qué se trata esa información? En las moléculas de ADN están "escritas" las instrucciones a partir de las cuales se determinan las características y funciones del organismo. ¿Cómo sucede esto? En el capítulo 17 nos dedicaremos a este tema con más detalle, por ahora observá la figura 4-14: el ADN se replica y genera copias de sí mismo durante la división celular (recordá que tiene la información para la fabricación o síntesis de proteínas). El proceso de síntesis de proteínas consta de dos etapas (**transcripción** y **traducción**) en las que interviene el ARN. Las proteínas que se fabrican determinarán las características y funciones del organismo.



▲ Fig. 4-14. En la síntesis de proteínas intervienen el ADN y el ARN.



▲ Fig. 4-15. Nucleótidos.

Estructura del ADN y del ARN

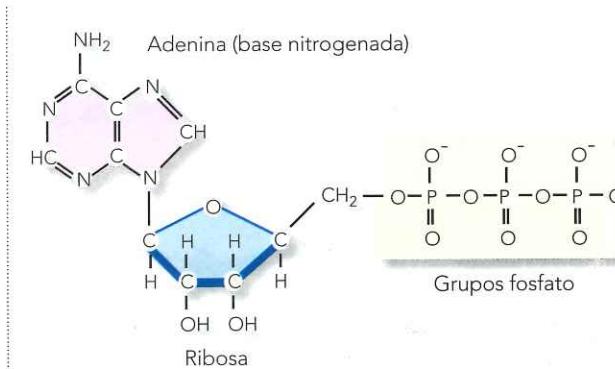
Los ácidos nucleicos se forman a partir de la unión de miles de **nucleótidos**. Como muestra la figura 4-15, cada nucleótido se forma a partir de:

- un grupo que contiene el elemento fósforo (**grupo fosfato**);
- un azúcar de cinco carbonos, o **pentosa**, que puede ser *ribosa* en el caso del ARN o *desoxiribosa* cuando se trata del ADN;
- otro grupo que posee nitrógeno y que recibe el nombre de **base nitrogenada**.

Una de las diferencias entre los nucleótidos que forman el ADN de aquellos que forman el ARN es tener un átomo de oxígeno menos en la molécula de azúcar (en el carbono 2). Por este motivo se denomina ácido *desoxirribonucleico* al ADN, y ácido *ribonucleico* al ARN. Cada nucleótido es el monómero que constituye el **polinucleotido**.

Los ácidos nucleicos de todos los seres vivos están formados a partir de la unión de sólo cuatro tipos de nucleótidos, que se diferencian entre sí en su base nitrogenada. Las cuatro bases nitrogenadas del ADN se denominan **adenina (A)**, **guanina (G)**, **citosina (C)** y **timina (T)**. En el ARN la base timina es reemplazada por **uracilo (U)**.

Además de la función que cumplen como parte de los ácidos nucleicos, los nucleótidos actúan de intermediarios en la transferencia de energía en las células. La molécula de **ATP (adenosina trifosfato)** es un tipo de nucleótido que almacena energía en sus uniones (figura 4-16). La energía que se libera de la degradación de nutrientes en la respiración celular queda almacenada en los enlaces que unen los grupos fosfato del ATP.



▲ Fig. 4-16. Molécula de ATP.



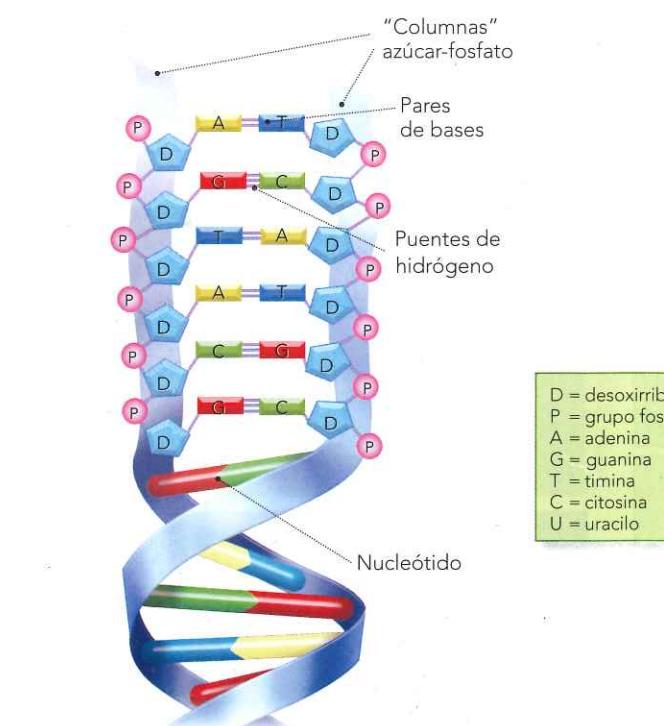
Veamos ahora cómo se representa una molécula de ADN en la figura 4-17. Esta molécula está constituida por **dos cadenas o hebras** de nucleótidos enfrentadas. Su forma en el espacio se asemeja a una larga escalera "caracol". Las bases nitrogenadas de los nucleótidos se orientan hacia el interior de la molécula y forman los "escalones" que mantienen unidas ambas cadenas mediante enlaces de puente de hidrógeno. Estos "escalones" son pares de bases y se forman siguiendo siempre el mismo patrón: A (adenina) se enfrenta con T (timina); y G (guanina) con C (citosina). Por eso se dice que ambas hebras enfrentadas son **complementarias**. Como podés observar, la molécula de ADN está constituida por dos "columnas" formadas por la unión de los azúcares y grupos fosfato de los nucleótidos.

Ahora bien, ¿cómo es posible que a partir de sólo cuatro tipos de nucleótidos se origine la enorme biodiversidad de la Tierra? Uno de los factores de la diversidad son las innumerables combinaciones posibles de los nucleótidos.

Para indicar la secuencia de una de las cadenas de ADN se mencionan los nombres de las bases o su inicial (A, T, C, G). Por ejemplo:

ACGTTAACGACAAGTATTAAAGACAAGTATTAA

■ **Escribí en tu carpeta la secuencia de ADN complementaria a la hebra representada arriba. ¿Existe otra posibilidad? ¿Por qué?**



▲ Fig. 4-17. Molécula de ADN.

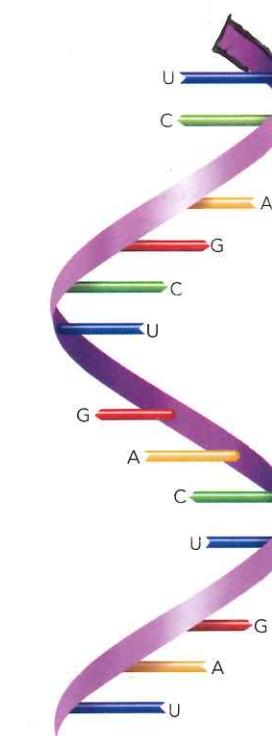
La posibilidad de combinar cuatro nucleótidos diferentes y la gran longitud que pueden tener las cadenas, hacen que pueda haber un elevado número de combinaciones posibles, lo que determina la diversidad de la información genética de todos los seres vivos.

Además, la diversidad de seres vivos está dada por la cantidad de moléculas de ADN que tienen las diferentes especies y el tamaño de esas moléculas (cuántos nucleótidos las conforman).

Ya dijimos que en las células eucariotas, el ADN se encuentra en el núcleo celular. Habitualmente se presenta como una maraña de hilos delgados. Cuando la célula comienza el proceso de división, las moléculas de ADN se condensan, y forman estructuras visibles con el microscopio al teñirlas, por lo que reciben el nombre de **cromosomas** (*chroma*, color y *soma*, cuerpo o estructura).

Ahora pasemos al ARN que, a diferencia del ADN, se *halló formado por una única cadena de nucleótidos* (figura 4-18). Existen distintos tipos de ARN que se diferencian básicamente en la función que desempeñan. En algunos casos, la molécula de ARN puede plegarse sobre sí misma y formar uniones entre nucleótidos enfrentados complementarios dentro de la misma cadena. En este caso, C se unirá con G, y A se unirá con U.

■ **¿Cuáles son las tres diferencias que menciona el texto entre el ARN y el ADN?**



▲ Fig. 4-18. Molécula de ARN.



Los hidratos de carbono

C Habrás escuchado hablar de los hidratos de carbono. ¿Con qué alimentos se los suele asociar?

Los hidratos de carbono son un grupo variado de compuestos, constituidos todos por C, H y O. En algunos casos pueden tener además N o S. También se los llama **glúcidos** o **carbohidratos** y, aunque sólo algunos hidratos de carbono tienen sabor dulce –por ejemplo, el azúcar común–, también suelen denominarse **azúcares**.

Los **monosacáridos** o azúcares simples están compuestos por una sola unidad de azúcar (constituida por una cadena de tres a ocho átomos de carbono). El ejemplo más conocido, porque es la principal fuente de energía en los seres vivos y los organismos autóctonos la fabrican en el proceso de la fotosíntesis, es la **glucosa** (un glúcido de seis carbonos). Los monosacáridos pueden unirse entre sí y dar origen a compuestos más grandes, los **oligosacáridos** (entre ellos los **disacáridos**, formados a partir de la unión de dos monosacáridos) y los **polisacáridos** (constituidos entre once y varios miles de monosacáridos).

Entre los disacáridos más conocidos están la **sacarosa** (azúcar común, figura 4-19), la **lactosa** (azúcar de la leche de los mamíferos) y la **maltosa** (obtenida de la cebada y empleada en la fabricación de cerveza).

El **almidón**, el **glucógeno** y la **celulosa** son tres tipos de polisacáridos. Se forman a partir de la unión de miles de unidades del mismo monosacárido, la glucosa. ¿Entonces, cómo es posible que siendo tan parecidos tengan propiedades y funciones tan distintas? La respuesta está en el modo un poco diferente en que se unen y se ordenan estas unidades en la molécula. Esto determina que su estructura

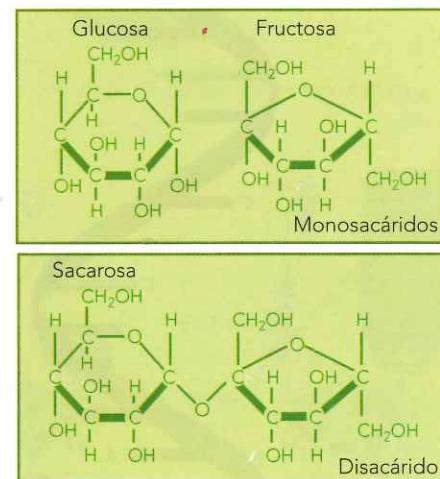


Fig. 4-19. La sacarosa se encuentra en la caña de azúcar y en la remolacha. Se forma a partir de la unión de glucosa y fructosa, dos monosacáridos con la misma fórmula química pero con diferente estructura molecular.

espacial sea diferente y, en consecuencia, también sus propiedades y su función.

C Si la composición química de estos tres polisacáridos es tan parecida, ¿cómo explicarías que el sistema digestivo humano pueda degradar el almidón y el glucógeno y, sin embargo, no pueda digerir la celulosa? Tené en cuenta la función de un tipo especial de proteínas que viste en las páginas anteriores.

Como ya habrás notado, entre todos los ejemplos de carbohidratos que mencionamos aparecieron varios que no tienen sabor dulce, por lo tanto, los que suelen denominarse azúcares son moléculas relativamente pequeñas: monosacáridos y disacáridos. Los polisacáridos son macromoléculas y no tienen sabor dulce.

Pasemos ahora a las funciones que cumplen los carbohidratos en los seres vivos:

Energética y reserva de energía. La glucosa es la principal fuente de energía que emplea la mayoría de los seres vivos en la respiración celular. El **almidón** en las plantas y el **glucógeno** en los animales, por otro lado, constituyen reservas de energía que se almacenan y que las células emplean cuando lo requieren.

Estructural. Algunos polisacáridos actúan como material de construcción y de sostén de las células. Por ejemplo, la **celulosa** es el componente principal de la pared de las células vegetales y de las partes fibrosas y leñosas de las plantas; la **quitina** es el principal componente de la cubierta de ciertos animales (figura 4-20).

Componentes de otras biomoléculas. La **ribosa**, por ejemplo, forma parte de los ácidos nucleicos. Otros glúcidos se asocian con proteínas (**glucoproteínas**) o con lípidos (**gluclípidos**) y forman parte de la membrana celular.



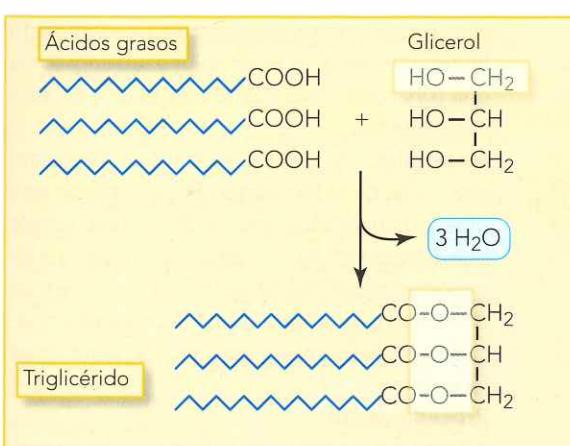
Fig. 4-20. La cubierta exterior (exoesqueleto) de diversos grupos de artrópodos (insectos, arácnidos y crustáceos) está formada por un polisacárido denominado quitina.

Los lípidos

Todos escuchamos hablar alguna vez de las **grasas**, sustancias que en ocasiones tienen "mala prensa". Las grasas se incluyen en el grupo de los lípidos, un conjunto muy heterogéneo de biomoléculas, entre las que se encuentran también los **aceites**, las **ceras** y el **colesterol**, que cumplen funciones esenciales en los seres vivos. Se las incluye en este grupo por compartir una característica: *son insolubles en el agua y, por el contrario, solubles en solventes orgánicos* (benceno, cloroformo, acetona, etcétera).

Los lípidos están constituidos básicamente por tres elementos: C, H y O, y en menor grado por N, P y S.

Tanto en las grasas como en los aceites están presentes los **triglicéridos** (figura 4-21), esto es, moléculas que resultan de la combinación de tres **ácidos grasos** (un tipo de lípidos) con una molécula de **glicerol**, de ahí su nombre. Las largas cadenas de ácidos grasos formadas por átomos de carbono e hidrógeno (representadas con líneas azules en la figura 4-21) le dan a estas moléculas la propiedad de ser **hidrofóbicas** (moléculas que son repelidas por el agua, o que no se pueden mezclar con ella). ¿Cuál es, entonces, la diferencia entre las grasas y los aceites? En que, según el tipo de ácidos grasos que forman estas moléculas, las grasas animales son sólidas a temperatura ambiente (alrededor de 20 °C), y los aceites vegetales son líquidos.



▲ Fig. 4-21. Un triglicérido es un tipo de lípido que se forma a partir de la unión de una molécula de glicerol y tres ácidos grasos. Éstos se diferencian por el número de átomos de carbono que forman la cadena carbonada y por el número y la posición de los dobles enlaces.

C 6. Averiguá por qué los lípidos tienen "mala prensa" si cumplen funciones esenciales en el organismo.

Los **fosfolípidos** son los principales componentes de las membranas celulares, que también incluyen otros lípidos, como el colesterol. Tienen una "cabeza" **hidrofílica** ("amante" del agua, presenta afinidad química con ella, tiende a acercarse) y la "cola" **hidrofóbica** (formada por las cadenas carbonadas de dos ácidos grasos, figura 4-22).

Los lípidos cumplen funciones esenciales en los seres vivos. Veamos algunas de ellas.

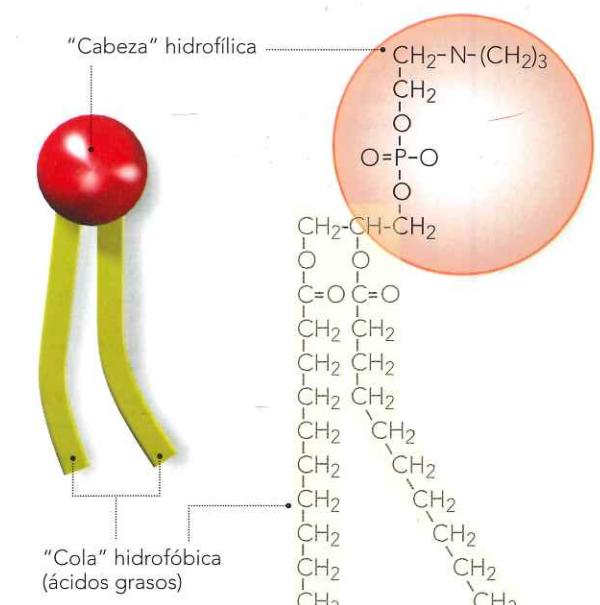
Estructural. Los fosfolípidos y el colesterol son componentes fundamentales de la membrana celular.

Energética. Los triglicéridos se almacenan en el tejido adiposo de muchos animales y en las semillas y los frutos de algunos vegetales, y son utilizados para la obtención de energía cuando hay poca disponibilidad de glúcidos.

Protectora. Las ceras forman cubiertas alrededor de las semillas y los frutos de las plantas, y sobre la piel, los pelos y las plumas de algunos animales brindándoles protección.

Reguladora del metabolismo. Las vitaminas A, D, K y E, y algunas hormonas (por ejemplo, las sexuales) son lípidos que regulan numerosos procesos.

Reguladora de la temperatura. En animales de zonas frías o ambientes marinos, las **grasas** almacenadas en el tejido adiposo debajo de la piel actúan como aislantes y favorecen la regulación de la temperatura corporal.



▲ Fig. 4-22. Representación esquemática de un fosfolípido. Las largas cadenas carbonadas de los ácidos grasos le confieren al fosfolípido su carácter hidrofóbico, mientras que la cabeza polar es hidrofílica.



Aplicación y análisis

7. Analizá la figura 4-23 y respondé

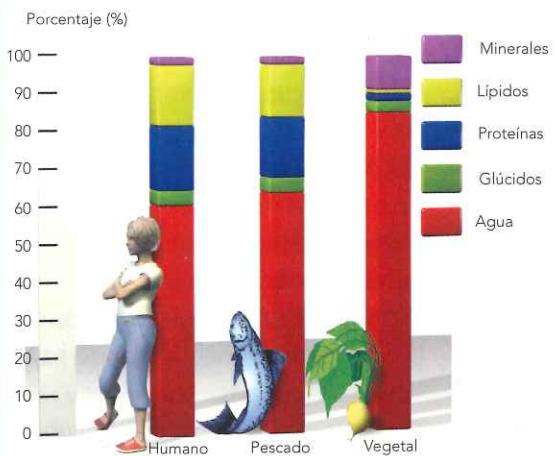


Fig. 4-23. Composición de los seres vivos.

- ¿Qué representa el gráfico?
- ¿Qué representa el 100% graficado?
- ¿Cuál es el ser vivo representado que tiene mayor porcentaje de agua y minerales en su cuerpo?
- ¿Cuál es, en cada caso, el polisacárido de reserva?
- ¿Qué diferencias puede haber en el tipo de lípidos que contienen estos tipos de organismos?
- Si se recomienda una dieta con alto valor proteico, ¿qué productos convendría consumir?
- ¿Qué reflexión harías al ver este gráfico respecto de la composición de los alimentos que ingerimos?

8. ¿Cómo podés explicar el siguiente esquema a otro compañero? Redactá un texto en tu carpeta y redactá un epígrafe para la figura 4-24.

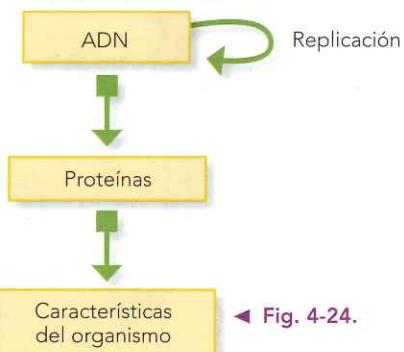


Fig. 4-24.

9. La deficiencia de hierro en el organismo puede provocar una enfermedad conocida como **anemia**, que se caracteriza por la disminución en el número de glóbulos rojos y se manifiesta, a su vez, con falta de energía. Explicá cuál es la relación entre la escasez de hierro, la fabricación de glóbulos rojos y la falta de energía.

Organización de la información

10. Completá el cuadro 4-3.

Algunas proteínas del cuerpo humano		
Función	Ejemplo	Ubicación
Colágeno		
Transporte		Glóbulos rojos de la sangre
Enzimática	Amilasa	
	Miosina	Músculos
Reguladora		Se produce en el páncreas; circula en la sangre
	Anticuerpos	Sangre y linfa
Reserva	Ovoalbúmina	

Cuadro 4-3.

11. Ahora armá un cuadro en tu carpeta para comparar los carbohidratos, las proteínas, los lípidos y los ácidos nucleicos teniendo en cuenta los elementos que los forman, las principales funciones en los organismos y mencionando ejemplos.

Trabajo de laboratorio

12. Realizá, en grupo, la siguiente experiencia, cuyo objetivo es reconocer la presencia de proteínas en compuestos derivados de seres vivos. Para ello se utiliza un reactivo químico denominado Biuret. Este reactivo es de color azulado y toma una tonalidad rojiza cuando entra en contacto con proteínas.

Materiales: cuatro tubos de ensayo; una gradilla; una varilla de vidrio; etiquetas para rotular; una pipeta; un marcador; reactivo Biuret; una clara de huevo fresco en 50 cm³ de agua; solución de almidón en agua (1%); agua; amilasa u otra enzima en solución (la amilasa la pueden obtener enjuagándose la boca con agua y juntando saliva en un recipiente).

Procedimiento

- Rotulen los tubos de ensayo (con los números 1 al 4).
- Con la pipeta coloquen entre 1 y 2 ml de agua en el tubo 1.
- En el tubo 2 agreguen de 1 a 2 ml de solución de almidón.
- Ahora en el tubo 3 coloquen entre 1 y 2 ml de clara de huevo.
- En el tubo 4 coloquen una solución de amilasa u otra enzima.

6.º Agreguen a cada tubo 10 gotas de reactivo Biuret y mezclen.

7.º Anoten los resultados en el cuadro 4-4.

Tubo Nº	Contenido	Coloración después del agregado del reactivo
1	Agua	
2	Almidón	
3	Clara de huevo	
4	Amilasa	

Cuadro 4-4.

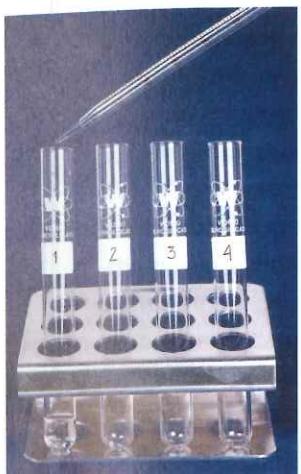


Fig. 4-25. Los tubos se rotulan y sitúan en la gradilla; luego, con la pipeta, se agregan las sustancias indicadas en el procedimiento.

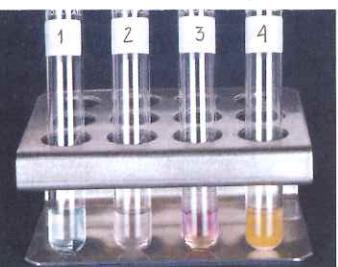


Fig. 4-26. Luego de agregar el reactivo Biuret en todos los tubos, se observa si hubo cambio de coloración.

Observaciones y conclusiones

- ¿Qué función cumple el tubo 1?
- ¿Cuál de los tubos les parece que contiene proteínas? ¿Cómo lo determinaron?
- ¿Cómo explicarían el resultado obtenido en el tubo 2?

13. Seguí trabajando en grupo. Con la siguiente experiencia podrán reconocer dos tipos de carbohidratos: glucosa y almidón.

Para cada uno de estos tipos de sustancias hay un reactivo particular que permite identificarla. El Lugol indica la presencia de almidón cambiando su color de caramelo a azul intenso. El reactivo Fehling indica la presencia de azúcares simples como la glucosa cambiando su color de celeste a anaranjado oscuro luego de calentarlo hasta la ebullición.

Materiales: ocho tubos de ensayo; reactivo Fehling; solución de tintura de yodo o Lugol (la solución de yodo se prepara disolviendo 10 gotas de tintura de yodo en 20-30 gotas de agua); solución de glucosa (al 1%); solución de almidón (al 1%); clara de huevo en agua; agua; un mechero de Bunsen; una pinza para sujetar tubos.

Procedimiento

El cuadro 4-5 resume el desarrollo de la experien-

cia y en ella pueden anotar los resultados obtenidos después de agregar el reactivo correspondiente (4-5 gotas en cada caso):

Tubo Nº	Contenido	Reactivos	Coloración después del agregado del reactivo
1	Agua	Fehling + calor	
2	Solución de glucosa	Fehling + calor	
3	Solución de almidón	Fehling + calor	
4	Clara de huevo	Fehling + calor	
5	Agua	Tintura de yodo o Lugol	
6	Solución de glucosa	Tintura de yodo o Lugol	
7	Solución de almidón	Tintura de yodo o Lugol	
8	Clara de huevo	Tintura de yodo o Lugol	

Cuadro 4-5.



Fig. 4-27. El reactivo de Fehling se compone de dos soluciones separadas (A y B). Al mezclarlas en partes iguales se observa un color azul oscuro.



Fig. 4-28. Cambios de coloración observados en cada tubo para detectar la presencia de glucosa y almidón.

Observaciones y conclusiones

- ¿Qué función cumplen los tubos 1 y 5?
- ¿Encontraron diferencias entre los resultados de los tubos 2 y 6? ¿Cómo lo explicarían?
- La glucosa y el almidón pertenecen al grupo de los carbohidratos. ¿Qué diferencia existe entre la estructura química de ambos tipos de sustancias?
- Si se degradara el almidón hasta obtener las unidades que lo constituyen, ¿qué reactivo utilizarían para reconocer la presencia de esas unidades? ¿Cómo podrían averiguar si todo el almidón fue degradado o si quedan aún moléculas de almidón en el tubo?
- ¿Reaccionó alguno de los indicadores empleados con los componentes de la clara de huevo? ¿Por qué? ¿Qué reactivo emplearían para detectar los componentes de la clara de huevo?

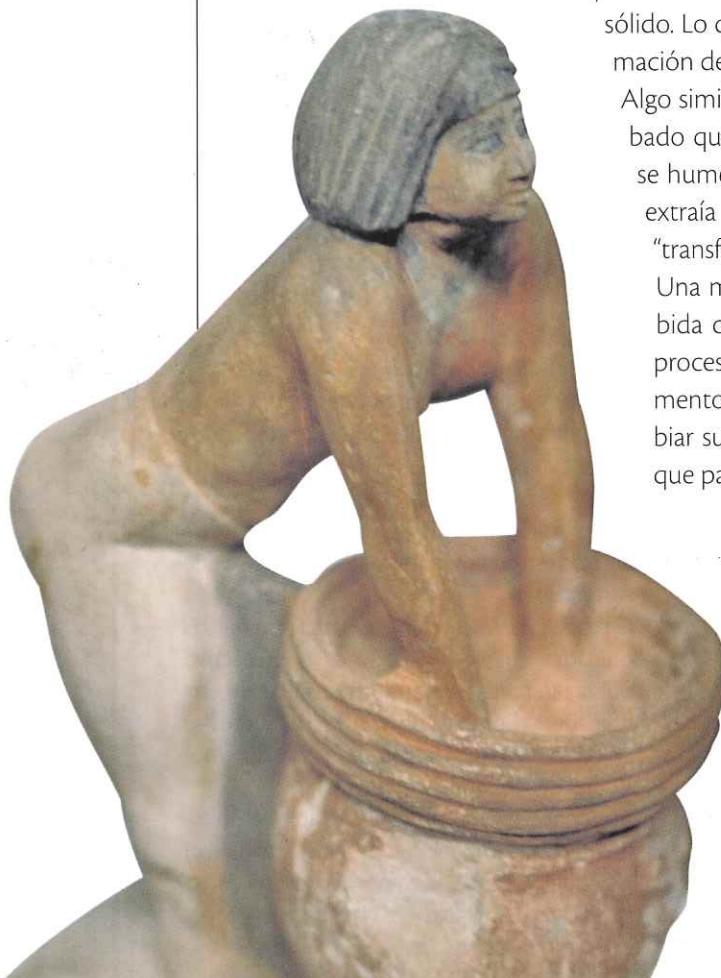
Capítulo 5

Estructura y metabolismo celular

ayer



56



◀ Fig. 5-1. Estatuilla antigua que representa la elaboración de cerveza.



Descubrimientos gastronómicos. Algunos productos que hoy son cotidianos fueron el resultado de descubrimientos casuales... o, mejor dicho, de mentes curiosas que supieron prestar atención a fenómenos inesperados que aparecían ante sus ojos. Por ejemplo, un experimento olvidado en la mesada del laboratorio y contaminado por hongos fue el comienzo de uno de los descubrimientos más importantes de la medicina del siglo xx: la **penicilina**, el antibiótico más usado en el mundo.

También la astronomía cuenta con descubrimientos casuales. Alrededor del año 3000 a. C., en Egipto, un aprendiz de panadero descuidó una masa ya preparada que quedó expuesta al aire durante más tiempo que el acostumbrado. La superficie húmeda de la masa se hinchó y alcanzó un volumen muy superior al original. Se cree que éste fue el **primer pan** blando y esponjoso.

En los textos más antiguos también se menciona el **queso** como un descubrimiento casual. Cuenta una leyenda que un pastor árabe, de regreso a su casa después de una larga jornada en el campo, guardó la leche ordeñada de sus ovejas dentro de una bolsa hecha con la tripa de ternero; después de caminar y caminar a pleno sol, al abrir la bolsa para saciar su sed, se sorprendió cuando encontró que la leche estaba separada en dos partes: un líquido acucoso pálido y un cuajo (grumo) blanco sólido. Lo que no sabía el pastor era el motivo de la transformación de la leche.

Algo similar habría sucedido con la **cerveza**. Según un grabado que se remonta a 4.000 años a. C., un pan olvidado se humedeció y se transformó en una pulpa de la que se extraía un líquido que, según se expresa en el grabado, "transforma a la gente en alegre, extrovertida y feliz".

Una masa que se infla, la leche que se coagula, una bebida con propiedades nuevas... ¿En qué consistían esos procesos que transformaban misteriosamente los alimentos? ¿Qué componentes desconocidos podían cambiar sus propiedades? La respuesta está más cerca de lo que parece.

Pan, cerveza, y... ¿calambres? Si alguna vez hiciste actividad física o viste un entrenamiento deportivo, sabés que se recomienda un "precalentamiento". Una carrera suave, algunas flexiones y extensiones preparan el cuerpo y evitan posibles molestias o lesiones cuando la actividad exige mayor esfuerzo. ¿Quién no sufrió alguna vez un calambre que endurece el músculo y le impide moverse? ¿Por qué se produce un calambre? Aunque parezca raro, existe algo en común entre los calambres que ocurren en nuestros músculos y el proceso de elaboración del pan y de la cerveza.

Al preparar el pan o la cerveza en la Antigüedad, los hombres empleaban microorganismos sin saberlo: las **levaduras**, hongos unicelulares que hoy se pueden comprar en los almacenes. En 1856, un químico francés llamado Louis Pasteur demostró que las levaduras realizan el proceso de **fermentación** a través del cual obtienen energía de los nutrientes en ausencia de oxígeno gaseoso. Como resultado de este proceso obtienen, además de energía, también etanol y dióxido de carbono que son desechos de la fermentación y que el ser humano aprovecha en la elaboración de la cerveza, del vino y del pan. Pero es obvio que los microorganismos no realizan la fermentación para que nosotros utilicemos sus productos. La fermentación es parte de la enorme y complicada serie de transformaciones que ocurren en las células y que constituyen parte del metabolismo celular. Los microorganismos no son los únicos que pueden realizar este proceso. Se descubrió que la fermentación también la realizan otros tipos de organismos y las células de casi todos los tejidos conocidos. Un ejemplo: nuestros músculos. Sí, de forma similar a algunos microorganismos, las células musculares obtienen energía mediante la fermentación cuando carecen de suficiente oxígeno gaseoso, obteniéndose como producto de desecho **ácido láctico**, en lugar de etanol. Y ese proceso parece ser el responsable de los desagradables calambres. Según las últimas investigaciones, un buen entrenamiento puede reducir estos efectos y hacer del ácido láctico un "aliado" para obtener energía.



Fig. 5-2. El precalentamiento puede evitar los esfuerzos bruscos y los calambres.



1. Respondé las preguntas teniendo en cuenta la información de "ayer" y de "hoy".

- ¿Qué tienen en común las levaduras y los músculos en relación con su estructura?
- ¿Cuáles son las funciones que realizan todas las células? ¿Por qué?
- ¿Dirías que la fermentación es una función vital para todos los organismos?
- ¿Cómo se denomina el proceso por el cual las células obtienen energía en presencia de oxígeno gaseoso?
- ¿De dónde provenían las levaduras responsables de la fermentación del pan o de la cerveza en la Antigüedad? ¿De dónde se obtienen las levaduras que se emplean hoy en día en la elaboración de alimentos?
- Si duda alguna vez escuchaste el término "metabolismo". ¿Qué significado se le da habitualmente?



hoy

57

S II

Capítulo 5

Las células, una visión integral

Podría pensarse que una neurona y una célula muscular o la célula de una levadura se comportan de manera muy distinta. Sin embargo, al revisar sus funciones básicas resulta que son muchas más las semejanzas que las diferencias, y que es posible establecer un patrón general de funcionamiento no sólo de las células sino de cada uno de sus componentes (membrana celular, organelas, núcleo, etcétera).

C Justificá esta afirmación y aportá ejemplos que la expliquen: a pesar de sus diferencias es posible presentar una idea general de la estructura de las células y de sus funciones celulares.

¿Recordás la definición de sistema que vimos en el capítulo 3? Las células pueden considerarse sistemas formados por diferentes componentes con funciones específicas que interactúan entre sí y mantienen el funcionamiento y la estructura celular. Son dinámicas y tienen una forma espacial que se relaciona con la función que desempeñan en el organismo.

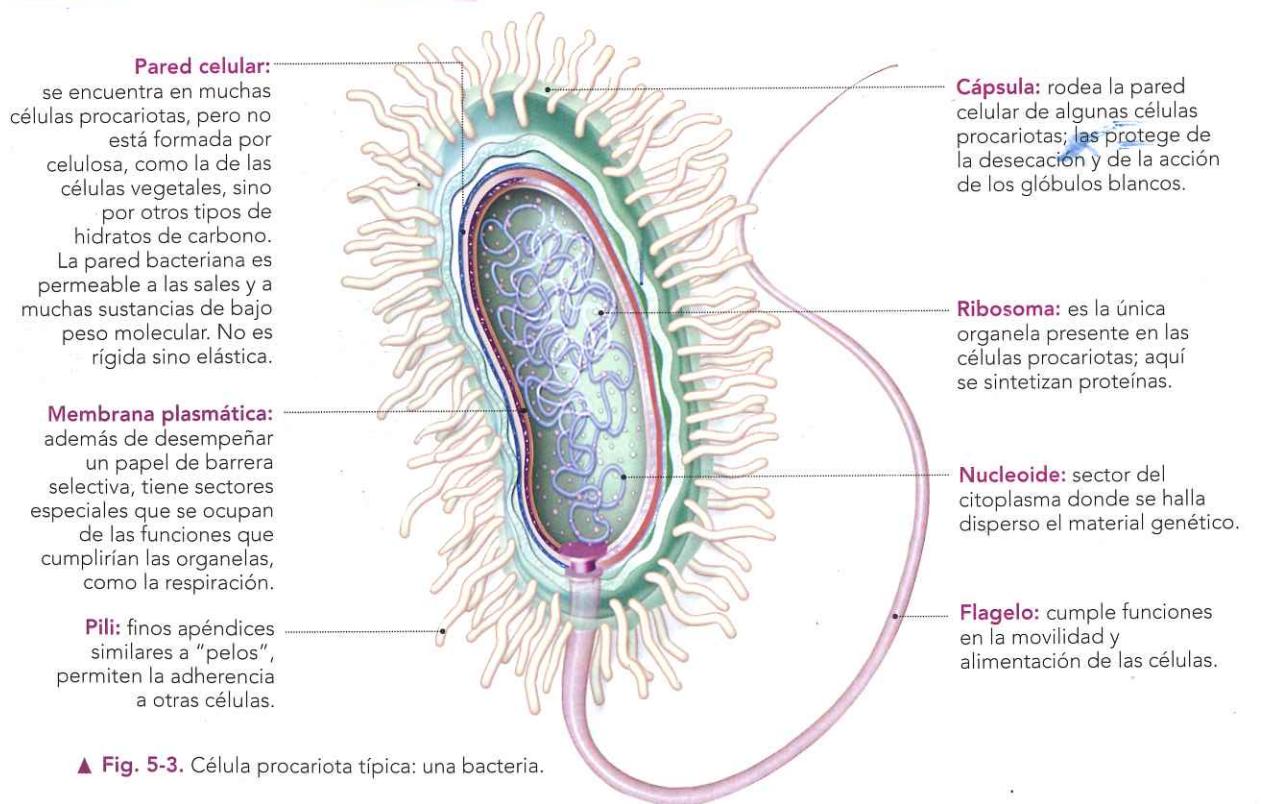
Pero, a pesar de su similitud, existen criterios que permiten clasificarlas en diferentes grupos. Uno de ellos considera la presencia de un **núcleo** o no, es decir, un

sector delimitado por una membrana donde se ubica el material genético de la célula. **Las células que no tienen un núcleo definido se denominan procariotas** (figura 5-3), y aquellas que sí lo tienen se llaman **eucariotas** (figuras 5-4 y 5-5).

Pero la presencia o no de un núcleo no es lo único que diferencia a estos tipos celulares. **Las células procariotas** no tienen membranas internas que dividen el citoplasma en sectores. Por lo tanto, tampoco cuentan en su citoplasma con otras **organelas** (con excepción de los ribosomas). Por otro lado, su ADN está formado por un **único cromosoma** y, en muchos casos, por otra molécula circular de ADN separada, que se denomina **plásmido**.

Las células eucariotas, en cambio, **tienen organelas** y un núcleo separado del citoplasma por una envoltura nuclear. Además, su ADN está asociado a proteínas (**histonas**) y, organizados en una cantidad determinada de **cromosomas**.

Dentro del grupo de las células eucariotas se pueden distinguir las **vegetales** y las **animales**. Esta clasificación considera diferencias básicas que existen entre ambos tipos de células, como se representa en las figuras 5-4 y 5-5.



2. Observá las figuras 5-4 y 5-5 y realizá un esquema o cuadro comparativo que muestre claramente las diferencias entre una célula animal y una célula vegetal.

Las células eucariotas

Composición química de los seres vivos. **capítulo 1** Sistemas, órganos y tejidos. **capítulo 2** Los seres vivos como sistemas. **capítulo 3** ADN y ARN. **capítulo 4**

1 Núcleo: organela rodeada por la membrana nuclear donde se encuentra el material genético que determina las características del organismo.

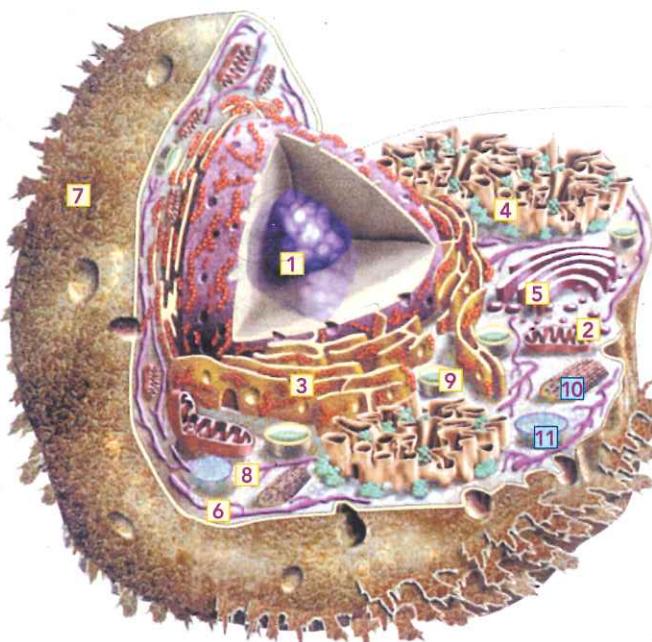
2 Mitochondria: organela en la que se lleva a cabo el proceso de respiración celular, por el cual se libera la energía contenida en las sustancias nutritivas.

3 Retículo endoplasmático rugoso (RER): membranas que forman canales y vesículas en donde se procesan y transportan sustancias en la célula. Contiene **ribosomas** adheridos en los que se fabrican proteínas, que son transportadas a la membrana plasmática o afuera de la célula. Los ribosomas que están libres en el citoplasma fabrican proteínas que quedan dentro de la célula.

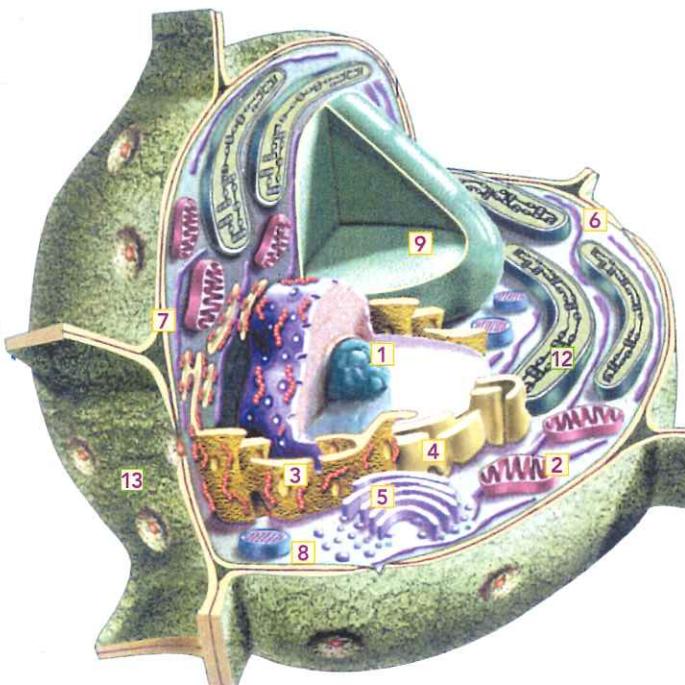
4 Retículo endoplasmático liso (REL): participa en la fabricación de lípidos y en la degradación de algunos polisacáridos, como el glucógeno (en las células animales) y el almidón (en las células vegetales). Transporta estas sustancias, dentro de pequeñas vesículas, hacia el complejo de Golgi.

5 Complejo de Golgi: en las células animales se trata de un complejo de membranas en donde se procesan, empaquetan y distribuyen sustancias que provienen del retículo endoplasmático. En las células de las plantas superiores no se lo puede considerar como una unidad estructural, sino unidades individuales espaciadas por el citoplasma, llamadas **dictiosomas**. Las vesículas llevan las sustancias que reciben del RE hacia la membrana celular, donde quedan ancladas o salen al espacio extracelular.

6 Citoesqueleto: constituido por proteínas que atraviesan el citoplasma como una red. Da forma a la célula, sostiene las organelas y permite un movimiento ordenado dentro del citoplasma.



▲ Fig. 5-4. Célula eucariota animal.



▲ Fig. 5-5. Célula eucariota vegetal.

Organelas comunes

Organelas exclusivas de las células animales

Organelas exclusivas de las células vegetales

7 Membrana celular o plasmática: rodea la célula y la separa del medio exterior. Es selectiva, es decir, permite la entrada y salida de determinadas sustancias; así la célula mantiene estable su medio interno.

8 Citoplasma: espacio celular que rodea el núcleo entre la membrana nuclear y la membrana plasmática. Contiene un fluido acuoso, sustancias disueltas y organelas.

9 Vacuola: remueve productos de desecho y almacena sustancias ingeridas en células animales y vegetales. En las células vegetales ocupa una porción amplia del citoplasma, contiene agua, iones inorgánicos y azúcares. Además cuenta con numerosas enzimas que se liberan, capaces de degradar sustancias de desecho y eliminarlas de la célula, y así puede funcionar de manera equivalente a los lisosomas de las células animales. También regula el potencial hidrálico de la célula otorgándole rigidez.

10 Centriolos: estructuras cilíndricas, constituidas por proteínas. Participan en la división celular. No están presentes en algunos protistas.

11 Líosoma: pequeña vesícula que se origina a partir del complejo de Golgi. Contiene enzimas digestivas.

12 Cloroplasto: Contiene pigmentos que captan la energía lumínica y la convierten en energía química durante la fotosíntesis.

13 Pared celular: gruesa y rígida, formada principalmente por celulosa. La resistencia que opone la pared celular impide que la célula vegetal "explote" y le da firmeza a la planta.

El metabolismo celular

Seguramente habrás escuchado alguna vez un diálogo como éste:

—¿Cómo hacés para comer tanto y estar tan flaca?

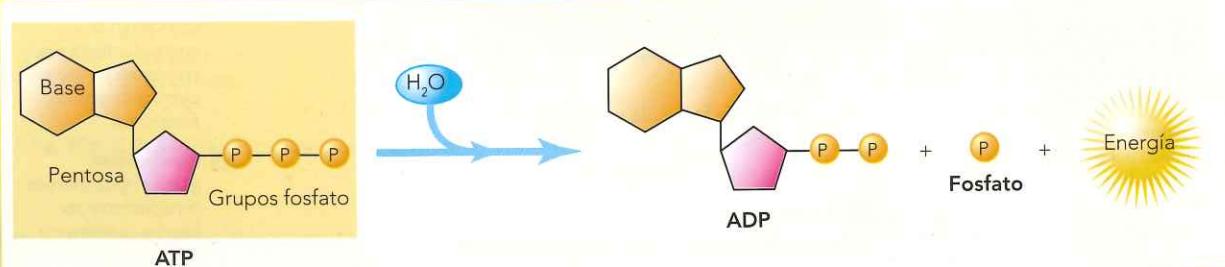
—No sé, debe ser mi metabolismo.

Esta relación entre el metabolismo, el peso corporal y la alimentación es muy común; incluso se lo suele “culpar” por los kilos de más (o “agradecer” por los de menos). Pero, ¿qué es el metabolismo? Desde el punto de vista biológico, **metabolismo** es el conjunto de reacciones químicas que ocurren en el organismo. Esto involucra todas las transformaciones de materia y de energía que ocurren como producto de la actividad celular, y que constituyen el **metabolismo celular**. Las reacciones metabólicas permiten al organismo y a cada célula mantener las condiciones estables, imprescindibles para funcionar en un medio externo e interno que cambia permanentemente.

Como podrás suponer hay una gran variedad de reacciones metabólicas. Por ejemplo, los nutrientes se degradan en la respiración celular y aportan energía. A su vez, con los nutrientes fabricamos los componentes del propio cuerpo. Es decir, el metabolismo incluye reacciones de ruptura o degradación, llamadas **catabólicas**, y reacciones de construcción o síntesis, llamadas **anabólicas**. En las reacciones catabólicas se transforman sustancias complejas en sustancias más sencillas. Al degradarse las moléculas, se libera la energía contenida en las uniones químicas. Por el contrario, en las reacciones anabólicas la célula construye componentes complejos a partir de la unión de moléculas sencillas. La formación de sustancias requiere un aporte de energía para la formación de uniones químicas.

METABOLISMO = CATABOLISMO + ANABOLISMO

La fotosíntesis, la síntesis de proteínas y la replicación del ADN, entre otros, son procesos anabólicos. Entre los procesos catabólicos se incluyen la fermentación y la respiración celular.

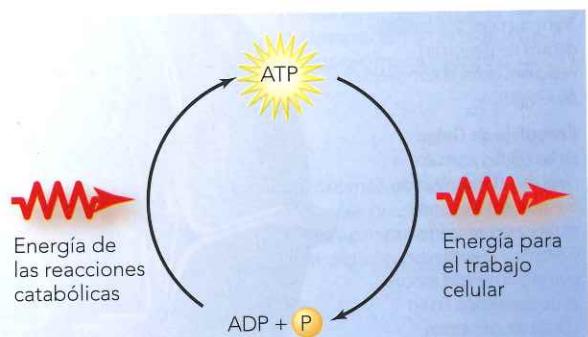


▲ Fig. 5-6. Hidrólisis del ATP.

El ATP y el transporte de energía

Ya dijimos que dentro de cada célula se realiza simultáneamente una gran variedad de reacciones anabólicas y catabólicas. Es decir que todo el tiempo se libera y se consume energía. Las reacciones químicas que liberan energía se denominan **exergónicas** y las que consumen energía son **endergónicas**. Unas dependen de las otras, ya que las reacciones endergónicas se llevan a cabo con la energía liberada por las reacciones exergónicas. En esta relación energética entre unas reacciones y otras existen moléculas intermediarias que son transportadoras de energía. La más común es el **ATP (adenosina trifosfato)**. Observá la figura 5-6. El ATP es un nucleótido, y está constituido por una base nitrogenada, un azúcar (pentosa) y tres grupos fosfato (ver figura 4-16). Mediante una reacción de hidrólisis (ruptura con intervención de una molécula de agua) se degrada la tercera unión fosfato y se libera la energía allí almacenada. Como resultado se obtiene **ADP (adenosina difosfato)** y un grupo fosfato. La energía liberada se emplea en las diferentes actividades celulares.

Las moléculas de ATP funcionan como una “moneda energética” (figura 5-7): cuando la célula requiere energía utiliza estas moléculas y rompe las uniones fosfato. Parte de la energía puede usarse en la síntesis de macromoléculas, en el transporte a través de las membranas, en la contracción muscular, y otra parte se pierde en forma de calor.



▲ Fig. 5-7. Las moléculas de ATP que se emplean en la actividad celular se recuperan mediante la unión de ADP y fosfato. Para que esto ocurra se requiere energía que proviene de las reacciones catabólicas.

Las enzimas, catalizadores biológicos



Al comienzo del capítulo te contamos cómo se habrían “descubierto” el queso, el pan y la cerveza. Se necesitaron muchos años de trabajo para identificar el gran número de compuestos que intervienen en esos procesos, entre ellos, las **enzimas**.

En todas las reacciones químicas que ocurren en un ser vivo participan enzimas, un tipo particular de proteínas (ya presentadas en el capítulo 4) que fabrican las células y cuya intervención en el metabolismo es fundamental para permitir un funcionamiento eficiente del organismo. ¿Recordás cuál es su función? Acelerar o **catalizar** las reacciones químicas que, si no fuera así, ocurrirían de manera muy lenta.

C A partir de lo que ya estudiaste en el capítulo 4 acerca de las enzimas esquematizá en tu carpeta su modo de acción. Pensá qué referencias deberían aparecer. Pero no las escribas. Pedile a un compañero que lo complete y juntos redacten un texto que lo explique.

Veamos algunas de las características de las enzimas.

■ Mediante su mecanismo de acción, la enzima disminuye la energía necesaria para que ocurra la reacción. Esta **energía de activación** es la necesaria para que las moléculas choquen con suficiente fuerza como para superar su repulsión mutua y debilitar los enlaces químicos existentes. Pero, además, la enzima ubica el sustrato en la posición correcta dentro de su sitio activo.

■ Son **específicas**: cada una actúa sobre el mismo tipo de sustancias y acelera siempre el mismo tipo de reacción. Debido a esta especificidad existen en la célula miles de enzimas diferentes.



▲ Fig. 5-8. Existen diferentes variedades de quesos. En la elaboración del queso roquefort intervienen microorganismos como los *Penicillium roqueforti* (hongos).

■ Las enzimas que participan en las reacciones no se transforman y **se recuperan intactas** al final del proceso. La rapidez de actuación de las enzimas y el hecho de que se recuperen intactas para actuar de nuevo explica por qué se necesitan en pequeñas cantidades.

■ Al ser proteínas, están influenciadas por determinados factores físicos y químicos, entre ellos, la **temperatura** y el **pH**. Tienen una temperatura óptima con la que actúan al 100% (todas las moléculas enzimáticas se encuentran activas a esa temperatura). Al exponerlas a temperaturas superiores a la óptima las enzimas se desnaturalizan (pierden su estructura espacial) y por esto no pueden unir el sustrato y dejar de cumplir su función. El pH, al influir sobre las cargas eléctricas, podría alterar la estructura de la molécula enzimática y afectar la unión del sustrato al sitio activo y, por lo tanto, influir sobre la actividad enzimática.

Volviendo al queso... ¿cómo pudo ocurrir la transformación de la leche dentro del bolso del pastor? Éste no sabía lo que ocurría con el recipiente en el que transportaba la leche. Ese recipiente estaba hecho con el tejido que forma el estómago de una ternera, en donde seguramente había un tipo de enzima, **quimosina** o **renina**, que con altas temperaturas acelera la coagulación de las proteínas de la leche. Y así se produjo el resultado inesperado: el queso. 10

profundización

Queso y biotecnología. Antes de la era biotecnológica, la mayor parte del cuajo (mezcla de enzimas, entre ellas la quimosina que acelera la coagulación de las proteínas de la leche) que se usaba para fabricar queso, se extraía de los estómagos de las terneras y se agregaba a la leche. En la actualidad, la biotecnología permite a los investigadores aislar el gen específico que codifica la quimosina y producirla en bacterias que crecen en grandes contenedores (fermentadores). Así se elimina la necesidad de extraerla de los estómagos de las terneras. La quimosina producida por microorganismos genéticamente modificados existe en el mercado desde 1990. En la actualidad, casi el 50% de la quimosina que requiere la producción quesera se obtiene de este modo.

C 3. Justificá las siguientes afirmaciones.

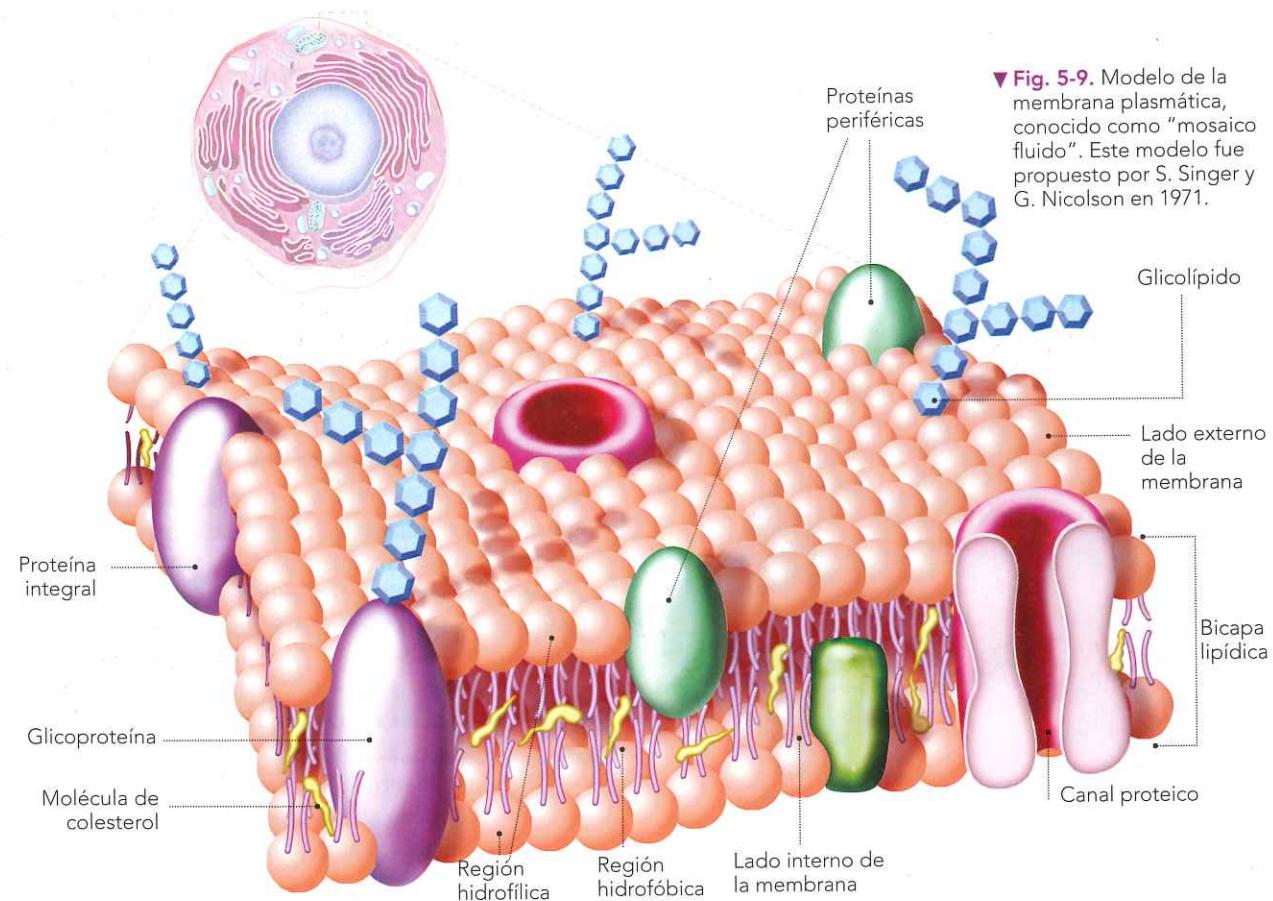
- a) Si el pastor hubiese acarreado la leche en un recipiente de vidrio no se habría formado el queso.
- b) Las enzimas digestivas catalizan reacciones anabólicas.

Las sustancias entran y salen de la célula

Observá las figuras de la página 59. ¿Dónde hay membranas? ¿Qué función cumple una membrana? Si las sustancias entran y salen de la célula, ¿qué características debería tener la membrana que la rodea?

Hasta aquí vimos que el metabolismo requiere y ofrece un aporte constante de sustancias y energía. Esto implica que en forma permanente entran sustancias en las células y salgan de ella productos útiles y desechos. Pero también existe un movimiento permanente de sustancias dentro de la propia célula, entre un compartimiento y el otro. Estos pasajes de sustancias se hacen a través de membranas biológicas que constituyen fronteras que no sólo separan sino que también comunican diferentes compartimentos internos de la célula, y a la propia célula con el exterior.

Entre las membranas celulares se encuentra la membrana plasmática que rodea a la célula. En las células eucariotas también están presentes las membranas que definen los compartimientos y organelas, lo que permite mantener las diferencias entre su contenido y el citosol que las rodea.



La membrana plasmática

En el intercambio de sustancias con el entorno celular, la membrana plasmática desempeña un papel fundamental: constituye una **barrera semipermeable**, que permite la libre entrada y salida de determinadas sustancias, mientras que otras requieren mecanismos especiales para atravesarla. ¿Por qué creés que esta característica de la membrana es tan importante? La **selectividad de la membrana plasmática** es uno de los factores que hacen posible conservar la **integridad de la célula y la estabilidad de su medio interno (homeostasis)** a pesar de los cambios que ocurren en el medio extracelular; su estructura particular le permite llevar a cabo esta función selectiva (figura 5-9).

La membrana celular está formada básicamente por una **doble capa de fosfolípidos**. Las colas hidrófobas (que "repelen" el agua) de los fosfolípidos se disponen enfrentadas y las cabezas hidrófilas ("afines" al agua) se colocan hacia la solución acuosa del medio intracelular o extracelular. Existen proteínas que atraviesan la membrana (**proteínas integrales**) y otras unidas a su superficie (**proteínas periféricas**). También hay carbohidratos que atraviesan la membrana o pueden estar unidos a lípidos (**glicolípidos**). El **colesterol** es un tipo de grasa que forma parte de la membrana y es esencial para su función y estructura.

Los mecanismos de transporte

Volvé a observar la estructura de la membrana plasmática. ¿Cómo podrían atravesarla las diferentes sustancias? ¿Creés que la doble capa de lípidos podría influir en el tipo de sustancias que la atraviesan? Intentá una respuesta antes de seguir leyendo.

Existen diferentes mecanismos por los cuales las sustancias pueden atravesar la membrana, y dependen no sólo de la estructura de la membrana sino también de las propiedades químicas de las sustancias que entran o salen. La figura 5-10 resume los diferentes mecanismos de transporte a través de la membrana plasmática. Como podrás ver, las moléculas pueden atravesar la membrana por **transporte pasivo** (difusión simple o difusión facilitada), o por **transporte activo**. ¿Cuál es la diferencia? Los mecanismos de transporte pasivo no requieren el aporte de energía, mientras que el transporte activo necesita energía ya que las moléculas se mueven *en contra del gradiente de concentración* (esto significa, de un lugar donde su concentración es menor a otro donde su concentración es mayor).

Transporte pasivo

Algunos tipos de sustancias pequeñas como el etanol, el dióxido de carbono y el oxígeno, pueden moverse directamente a través de la membrana a favor del gradiente de concentración. Este modo de transporte se denomina **difusión simple** y ocurre espontáneamente,

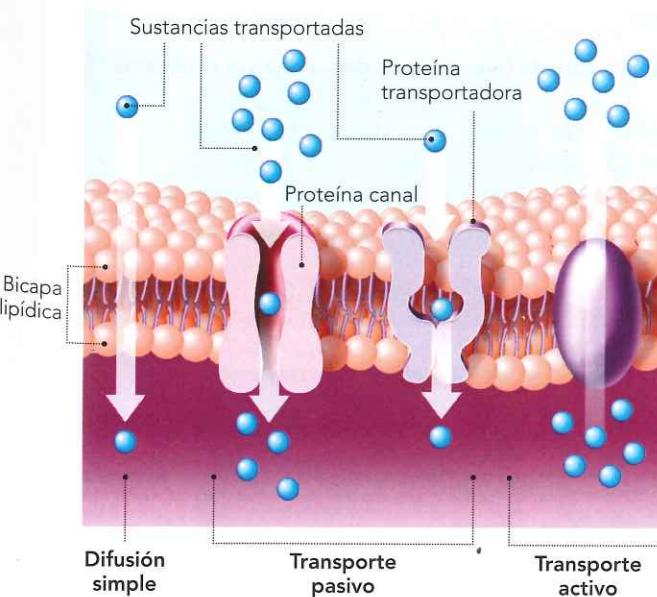


Fig. 5-10. Mecanismos de transporte a través de la membrana plasmática.

sin el aporte de energía. Sin embargo, la mayoría de las sustancias, en especial las hidrófilas como los glúcidos y los iones, no pueden atravesar la membrana lipídica por difusión simple, ya que su interior es hidrófobo y tiende a excluir las sustancias hidrófilas. En estos casos, el pasaje se realiza a través de proteínas incrustadas en la membrana que facilitan su paso. Son las **proteínas canales** que forman un conducto que atraviesa la membrana, y las **proteínas transportadoras** que actúan como puertas "avivén", es decir que se abren para ambos lados de la membrana. Este transporte que, al igual que la difusión simple, se realiza a favor del gradiente de concentración, se llama **difusión facilitada**.

Explicá con tus palabras la diferencia entre difusión simple y difusión facilitada, y por qué ambos tipos de transporte se consideran pasivos.

Existe un caso particular de difusión simple, en el cual la sustancia que atraviesa la membrana semipermeable a favor del gradiente de concentración es el agua (el solvente), ya que la membrana impide el pasaje de las partículas disueltas (sólido). En este caso se habla de **ósmosis**. (figura 5-11).

profundización

Diferentes soluciones. El agua es el principal componente de todo ser vivo. Es decir que, dentro y fuera de las células, las sustancias se hallan disueltas en un medio acuoso. En este caso, el agua es el solvente y las sustancias disueltas en ella son los solutos. Cuando se comparan dos soluciones separadas por una membrana, aquella que tiene una mayor concentración de soluto se denomina **hipertónica**, mientras que la menos concentrada en solutos es **hipotónica**. Si dos soluciones tienen la misma concentración a ambos lados de la membrana semipermeable, son **isotónicas**.

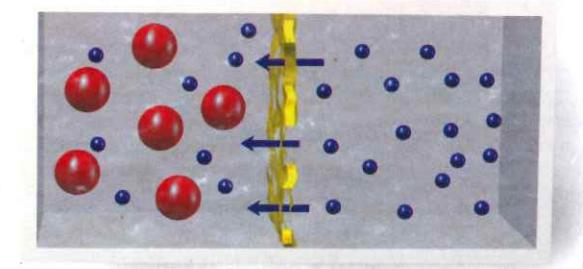


Fig. 5-11. Las moléculas de soluto (esferas rojas) no pueden atravesar la membrana pero sí lo hacen las moléculas de agua (esferas azules), hasta lograr el equilibrio de las soluciones a ambos lados.

Transporte activo

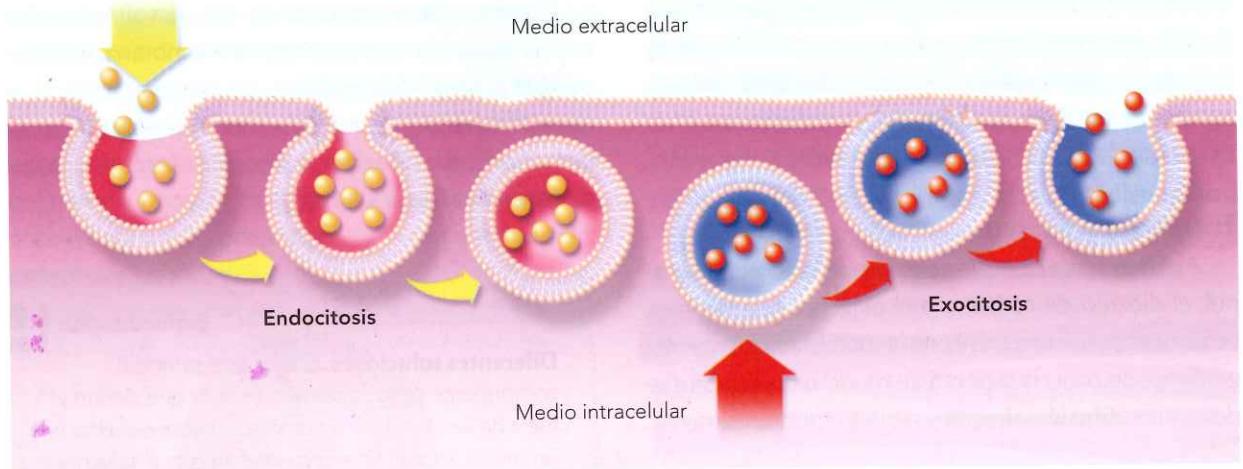
A diferencia de la difusión simple y la difusión facilitada, algunas sustancias deben pasar de un lugar donde están en menor concentración a otro donde su concentración es mayor. Este tipo de transporte requiere el aporte de energía para permitir el **pasaje en contra del gradiente de concentración y por eso se llama activo**. Las moléculas de ATP aportan la energía.

El pasaje de sustancias a través de la membrana celular, con o sin ayuda de proteínas transportadoras, no es el único modo en que las sustancias entran y salen de la célula. Hay otro tipo de transporte que involucra vesículas o vacuolas que se forman a partir de la membrana

celular o se fusionan con ella. Estos mecanismos pueden funcionar expulsando sustancias hacia afuera de la célula (**exocitosis**) o incorporándolas en su interior (**endocitosis**). A este tipo de mecanismo se lo llama **transporte mediado por vesículas**.

Observá la figura 5-12. Mediante la endocitosis las sustancias entran en la célula envueltas en vesículas formadas a partir de la membrana plasmática. La exocitosis consiste en la secreción de sustancias por medio de vesículas que se fusionan con la membrana, se abren al exterior y expulsan su contenido.

Estos mecanismos sólo los utilizan algunos tipos de células, como los macrófagos o las células del epitelio intestinal.



▲ Fig. 5-12. Endocitosis y exocitosis.

- c** 4. A partir de lo que estudiaste sobre ósmosis, indicá si la siguiente frase es verdadera o falsa, y explícá tu respuesta.

El movimiento de agua en la ósmosis ocurre de una región de menor concentración de soluto (medio hipotónico) a una región de mayor concentración de soluto (medio hipertónico).

5. Indicá con una **x** qué mecanismo empleará cada una de las siguientes sustancias para atravesar la membrana plasmática.

	Difusión simple	Difusión facilitada	Transporte activo	Transporte mediado por vesículas
Oxígeno a favor del gradiente				
Glucosa en contra del gradiente				
Ion sodio a favor del gradiente				
Insulina a la sangre				
Agua en contra del gradiente				
Microbio atrapado por glóbulos blancos				

Metabolismo en autótrofos y heterótrofos

Ya sabés que en todos los organismos ocurren, en forma permanente y simultánea, reacciones anabólicas y catabólicas, a través de las cuales se obtiene y se consume energía y se degradan y se sintetizan moléculas. De hecho, hay muchas similitudes en el metabolismo de los organismos, incluso de aquellos que son diferentes, como los autótrofos y los heterótrofos.

Observá la figura 5-13 que representa parte del metabolismo en dos tipos de célula. ¿Podés reconocer que una gran parte es similar? ¿Cuál es la principal diferencia entre ambas?

Todos los organismos se parecen en la manera de procurarse compuestos inorgánicos (dióxido de carbono, agua, oxígeno, etc.) del entorno en forma directa. ¿En qué se diferencian entonces? La principal diferencia es el modo en que obtienen las biomoléculas, específicamente las sustancias orgánicas que utilizan como fuente de energía para sus funciones vitales y como material de construcción de las estructuras celulares. Es decir, el modo en que se alimentan.

Comer es una forma de alimentarse. ¿Conocés otras maneras de obtener alimentos? ¿Cómo lo hacen las plantas, por ejemplo? ¿Y cómo obtienen energía los seres vivos a partir de los nutrientes?

Esencialmente, todos obtienen la energía a partir de la degradación de los nutrientes. Pero varía el modo de hacerlo. Algunos usan oxígeno gaseoso y otros no. Es decir, todos los seres vivos obtienen energía pero las

reacciones metabólicas involucradas pueden variar; unos obtienen energía en la respiración celular y otros en la fermentación, como se explicará más adelante.

Alimentación y fotosíntesis

¿Qué relación hay entre la fotosíntesis y la alimentación? ¿En qué se parecen y en qué se diferencian?

Ambas tienen la función de procurarle al organismo los nutrientes que necesita para su funcionamiento, crecimiento y desarrollo. Se podría decir que la **fotosíntesis** es la alimentación de las plantas. Pero se llevan a cabo de diferente modo.

La mayoría de los organismos autótrofos obtienen sus nutrientes en el proceso de la fotosíntesis. Este proceso se realiza en organismos diversos, como bacterias, algas y plantas. La fotosíntesis puede definirse como un **proceso anabólico que se produce en los cloroplastos de los organismos fotosintéticos y en el que la energía lumínica es transformada en energía química; esta energía se almacena en las sustancias orgánicas que el organismo sintetiza a partir de las sustancias sencillas que incorpora del entorno**. Si bien en una primera instancia se fabrica glucosa (figura 5-14), a partir de la fotosíntesis se obtienen los diferentes compuestos de las células.

A diferencia de los autótrofos, los heterótrofos deben obtener del exterior las sustancias orgánicas ya "listas", a través de la incorporación (ingesta o absorción) de productos provenientes de otros seres vivos. Una vez obtenidos los nutrientes producen reacciones metabólicas que les permitirán liberar la energía de los nutrientes y aprovecharla en sus funciones.



▲ Fig. 5-14. La ecuación representada sólo indica las sustancias iniciales y las finales. La fotosíntesis es un proceso que implica una cadena de decenas de reacciones. Éstas fueron descubiertas a lo largo de cientos de años de observación y experimentación que aún continúan.

6. Justificá la siguiente frase:

Los animales, incluyendo al hombre, pueden aprovechar indirectamente la energía del Sol al ingerir plantas o alguna de sus partes.

Respiración celular y fermentación

Al observar la figura 5-13 podés notar que la etapa del metabolismo en la cual se transforma la energía de las biomoléculas es similar para ambos tipos de células. *Esto es así porque tanto los organismos autótrofos como los heterótrofos obtienen la energía a través de la degradación de nutrientes.* En estas transformaciones la energía contenida en los enlaces químicos de los nutrientes se libera y pasa a los enlaces del ATP, y sólo así podrá utilizarla el organismo en sus funciones. Otra parte de la energía se pierde en forma de calor.

La obtención de energía ocurre mediante procesos catabólicos. Los más frecuentes son la **respiración celular** y la **fermentación**. En éstos, la fuente de energía principal es la glucosa, aunque también se puede obtener energía de otras sustancias, como los ácidos grasos o los aminoácidos. La mayoría de los seres vivos, tanto autótrofos como heterótrofos, realizan el proceso de respiración celular con la participación del oxígeno gaseoso que se incorpora del entorno. Este proceso se produce en las **mitocondrias** de las células eucariotas y en la membrana plasmática de las procariotas. (En el capítulo 8 veremos este proceso en detalle).

En condiciones anaerobias (en ausencia o escasez de oxígeno gaseoso), algunas células obtienen energía a través del proceso de fermentación. 

Existen diferentes tipos de fermentación, según el organismo que la realiza y los productos que se obtienen. Entre ellas, la **fermentación láctica** y la **fermentación**

a Respiración celular



b Fermentación láctica



c) Fermentación alcohólica



▲ **Fig. 5-15.** Ecuaciones globales de las vías de degradación de la glucosa.

c 7. ¿Cuáles son las condiciones que determina que células tan diferentes como las levaduras, las bacterias y las células musculares realicen un proceso similar, la fermentación, para la obtención de energía?

alcohólica que se indican en las ecuaciones de la figura 5-15. En la fermentación, la glucosa no se degrada totalmente a CO_2 y H_2O , por lo que se obtiene menos energía que en la respiración celular por cada molécula de glucosa degradada (36 moléculas de ATP en la respiración celular y dos moléculas en la fermentación).

- La fermentación láctica la realizan bacterias lácticas y las células musculares cuando no reciben un aporte suficiente de oxígeno. El producto es el **ácido láctico** responsable de la elaboración de yogur y quesos, entre otros. En las células musculares, la acumulación de ácido láctico puede provocar los "calambres" (recordás la apertura de este capítulo?).
 - La fermentación alcohólica la realizan levaduras del género *Saccharomyces* que se emplean en la fabricación de bebidas alcohólicas (cerveza, vino, sidra, etc.) y del pan. Se obtiene como producto **etanol** y dióxido de carbono.

10

Por ejemplo, la piel va perdiendo cada día células que mueren y son reemplazadas por otras. Lo mismo ocurre con el resto de las células del organismo. Sin embargo, no lo notamos porque cada nueva célula que se forma es similar a la anterior, tiene sus mismas características. ¿Cómo es posible que se formen dos células iguales a partir de una única célula original?

Como viste en el capítulo 4, cada molécula de ADN determina las características de un individuo (aunque también influyen otros factores) y, además, esa información se transmite a otras células y a los descendientes durante la reproducción. Entonces, cada nueva célula que se forma recibe una copia del ADN de la célula original. Para que esto ocurra, la formación de nuevas células debe estar precedida de un proceso de **duplicación o replicación del ADN**.

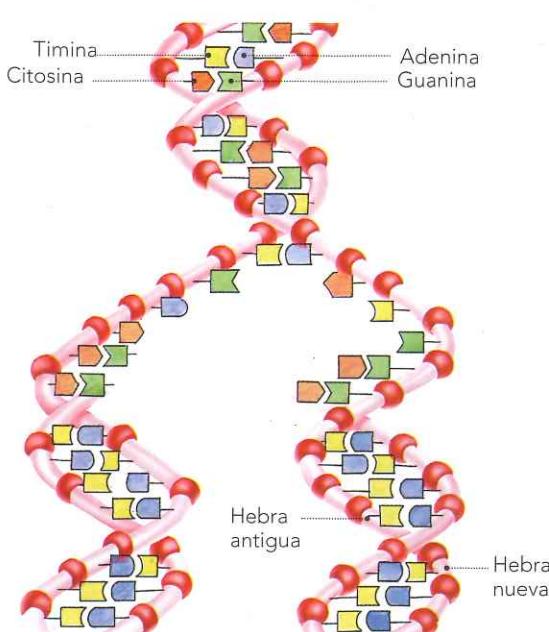
La replicación es el proceso por el cual **una molécula de ADN da lugar a otras dos moléculas de ADN con la misma secuencia de bases**. En la figura 5-17 está representado este proceso; en él participan diferentes enzimas que desenrollan la doble hélice, separan las dos cadenas, colocan nuevos nucleótidos y los unen. Los nucleótidos que se agregan en cada nueva cadena son **complementarios** a los de la cadena original que sirve de molde. Observá que cada una de las nuevas cadenas de ADN que se fabrica está formada por una de las cadenas del ADN original y una nueva cadena; por eso se dice que la síntesis de ADN es **semiconservativa**.

La división celular

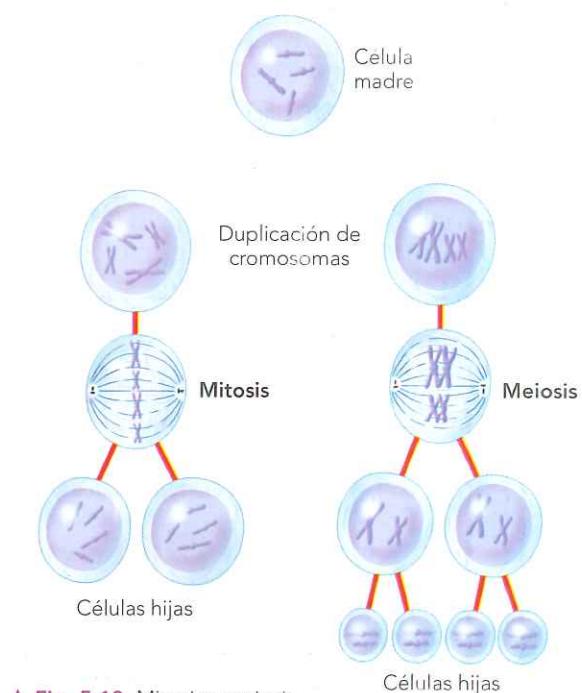
Como su nombre lo indica, la división celular es un mecanismo mediante el cual una célula se convierte en dos células "hijas". Imaginate un organismo unicelular, como el paramecio, y otro pluricelular, como vos. ¿Cuáles serán los resultados de la división en uno y otro? La división celular es un proceso biológico que en los seres unicelulares permite su multiplicación y en los pluricelulares el crecimiento, el desarrollo, la reparación o regeneración de órganos y tejidos, y las funciones de reproducción.

Cada nueva célula debe recibir una copia del ADN de la célula que le dio origen. En algunos casos, como ya viste, la célula recibe una copia completa del ADN y resulta idéntica a la célula original y a sus células "hermanas". Este proceso recibe el nombre de **mitosis** y ocurre en las células somáticas (todas las células excepto las sexuales) de los seres pluricelulares. Este mecanismo es también el que emplean los organismos que se reproducen asexualmente, como las bacterias, en este caso se denomina fisión binaria.

En otros casos, la célula "hija" recibe la mitad de la dotación de cromosomas de la célula original. Esto ocurre en el proceso denominado **meiosis**, por el cual se originan las células sexuales de los organismos pluricelulares que se reproducen sexualmente. Observá la figura 5-18. En ambos procesos ocurre la replicación del ADN antes de la división celular. Durante la meiosis las células que se originan tendrán la mitad de material genético que la célula original, ya que luego de la replicación del ADN hay dos eventos de división celular consecutivos.



▲ **Fig. 5-17.** El esquema representa la replicación de un fragmento de ADN.



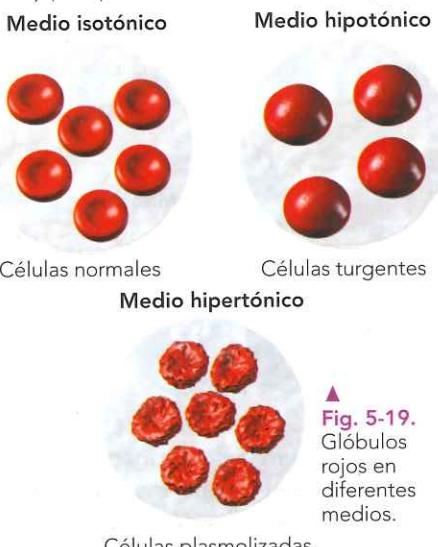
▲ Fig. 5-18. Mitosis y meiosis

Aplicación y análisis

8. Redactá para cada par de términos un texto en el que ambos aparezcan relacionados entre sí.
 - a) Metabolismo / enzimas.
 - b) Anabolismo / energía.
 - c) Catabolismo / energía.
 - d) Energía / ATP.
 - e) Fermentación / glucosa.
 - f) Fotosíntesis / alimentación.
 - g) Difusión / ósmosis.
 - h) ADN / meiosis.

9. En un macrófago, una célula de la sangre que participa en el sistema inmune humano, el oxígeno se encuentra en menor concentración dentro de la célula que en su entorno, mientras que el dióxido de carbono se encuentra en mayor concentración dentro de la célula que en el entorno celular.
 - a) ¿Cuál es el entorno del macrófago?
 - b) ¿Cómo es el transporte del oxígeno en este caso y cuál es el mecanismo por el que es transportado?
 - c) ¿Cómo será el transporte del dióxido de carbono en este caso y cuál es el mecanismo por el que será transportado?
 - d) ¿Cuál es el proceso por el que se consume el oxígeno dentro de la célula?
 - e) ¿Cuál es el proceso por el que se origina el dióxido de carbono en la célula?
 - f) Esta célula elimina agentes extraños que entran en la sangre. ¿Cuál sería el mecanismo por el que ingresaría el agente extraño en el macrófago?

10. Observá la figura 5-19 y explicá en qué se diferencian los distintos medios, qué sucede en cada caso y por qué las células tienen este aspecto.



Organización de la información

11. Completá la tabla indicando SÍ o NO según corresponda a cada tipo de célula.

Parte de la célula	Prokariota	Eucariota animal	Eucariota vegetal
Membrana celular			
Membrana nuclear			
Pared celular			
Ribosomas			
Mitocondrias			
Cloroplastos			
Vacuola			
REL y RER, complejo de Golgi			

Investigación

12. Las levaduras se utilizan en la elaboración del pan. Averiguá:
 - a) Cuál es la función de las levaduras en la elaboración del pan.
 - b) Cuál es el tipo de proceso que ocurre al mezclar las levaduras con la harina.
 - c) Por qué es necesario dejar reposar la masa en un ambiente cálido durante una hora antes de hornear.
 - d) Qué relación tiene el proceso anterior con los agujeritos de la masa del pan.
 - e) Por qué la masa no tiene gusto a alcohol.
 - f) Qué les sucede a las levaduras durante la cocción.

13. Analizá la ecuación y resolvé.



- a) ¿Qué proceso está representado en la ecuación?
- b) ¿En qué organismos y en cuáles de sus células y de sus organelas ocurre este proceso?
- c) ¿Cómo obtienen la glucosa los organismos autótrofos y los organismos heterótrofos?
- d) ¿Cómo obtienen el oxígeno los organismos autótrofos y los organismos heterótrofos?
- e) ¿De dónde proviene la energía que aparece como producto de este proceso?

Trabajo de laboratorio

14. Te proponemos la fabricación casera de queso para untar. Este tipo de queso se puede elaborar añadiendo un agente acidificante a la leche (limón o vinagre) o empleando bacterias que producen la fermentación láctica. Como consecuencia de la fermentación en la cual las bacterias degradan el azúcar de la leche (lactosa), se obtiene ácido láctico, que estimula la acción de enzimas que causan la coagulación de las proteínas lácticas y su separación del suero (la parte acuosa de la leche). Además, la acidez inhibe el desarrollo de gérmenes indeseables. El queso obtenido en este caso tiene un sabor ácido y su estructura es blanda. Se puede hacer la prueba de aumentar o disminuir las dosis de bacterias lácticas, los tiempos de acidificación y de cuajado, trabajar a diferentes temperaturas y dejar madurar el queso en diferentes circunstancias para llegar a realizar una gama amplia de productos.

Materiales: 1 litro de leche; una olla grande para el baño María si la temperatura es inferior a 22 °C; un recipiente de plástico, acero inoxidable o vidrio (no se recomienda la porcelana, ni el aluminio, ni cualquier recipiente que pueda ser afectado por la acción del ácido o no se pueda limpiar con facilidad); gasa; fermento (bacterias lácticas): se puede emplear un yogur comercial ácido; un cucharón; un colador; un cuchillo de punta; una cuchara sopera; un termómetro (rango de 0 °C a 100 °C).

Proceso de elaboración

- 1.º Calentá 1 o 2 litros de leche pasteurizada a baño María hasta unos 30 °C, aproximadamente. Si utilizás leche no comercial es necesario pasteurizarla. Para esto hay que calentarla hasta 70 °C a baño María (nunca directamente) durante 1 a 3 minutos. Enfriala enseguida introduciendo el recipiente de la leche en agua fría. Bajá la temperatura hasta los 30 °C
- 2.º Tomá una cucharadita por cada 1 o 2 litros de leche (depende de cuánto se quiera preparar) del fermento iniciador y diluila en una cucharada de leche tibia.



- 3.º Diluí la cucharada de leche con el fermento en la leche revolviendo suavemente.

- 4.º Dejá reposar la mezcla durante 8 a 24 horas en un sitio tibio (entre 20 °C y 35 °C) según la temperatura ambiente (más tiempo cuanto menor es la temperatura ambiente)



- 5.º La cuajada está lista para separar el suero cuando al introducir el cuchillo y levantar la punta hacia arriba se produce una grieta en la superficie. Esto significa que la leche se ha coagulado o "solidificado" (cuajada).

- 6.º Humedecé con agua la gasa de quesería y cubrí con ella el colador.

- 7.º Sacá con cuidado la cuajada y depositala sobre la gasa. Si fuera necesario, tomá la gasa por sus extremos y levantala ligeramente para dejar salir el suero. El tiempo de separación del suero es variable y depende de la consistencia buscada y de la temperatura ambiente. Puede llevar entre cuatro y ocho horas; al enfriarse, el queso se endurece.

- 8.º Cuando el queso tenga la consistencia deseada es posible añadirle condimentos (sal, pimienta, finas hierbas como estragón y tomillo, etcétera).

- 9.º Luego se envasa en un recipiente hermético y se coloca en la heladera donde se conservará hasta diez días.

Preguntas para el análisis de la experiencia

- a) ¿En qué consiste el proceso de pasteurización?
- b) ¿Por qué se requiere la pasteurización de la leche no comercial?
- c) ¿Cuál es la acción de las bacterias lácticas?
- d) ¿Por qué se ponen límites de temperatura entre 20 °C y 35 °C?
- e) ¿Por qué el producto resultante tiene sabor ácido?
- f) ¿Cuál podría ser la causa de que el queso resulte demasiado ácido y cómo se podría solucionar?

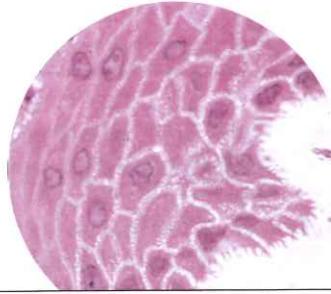
Capítulo 6

De la célula al organismo complejo

ayer



70



¿Pura ciencia ficción? *El hombre nuclear* fue una serie de televisión muy famosa de la década de los setenta. El actor Lee Majors, el protagonista, interpretaba a Steve Austin, un piloto de pruebas y astronauta de la NASA que sufría un terrible accidente durante un vuelo experimental. En ese momento, el doctor Rudy Wells, amigo de Steve, trabajaba en un proyecto gubernamental secreto llamado Biónica (una combinación de "biología" y "electrónica"). El gobierno lo autorizó a reemplazar los miembros amputados de Steve con partes biónicas y así le salvaron la vida. El médico sustituyó las piernas, un brazo y un ojo con dispositivos biónicos que le dieron a Steve una fuerza extraordinaria y una gran velocidad, además de una visión excepcional. Ver a través de las paredes o enfocar un objeto a metros de distancia eran algunos de los talentos que sorprendían a los televidentes de esta serie. Para compensar a sus salvadores, Steve se convirtió en un agente de la Oficina de Información Científica dispuesto a cumplir misiones peligrosas.

La idea original para esta serie fue tomada de *Cyborg*, una novela de Martin Caidin. Un ciborg (o cyborg) es un ser en parte biológico y en parte mecánico, pero con un cerebro biológico intacto que controla la maquinaria artificial de su cuerpo.

Esto que es ciencia-ficción, ¿se puede convertir en realidad? ¿Estarán el hombre nuclear o los ciborgs en nuestro futuro?



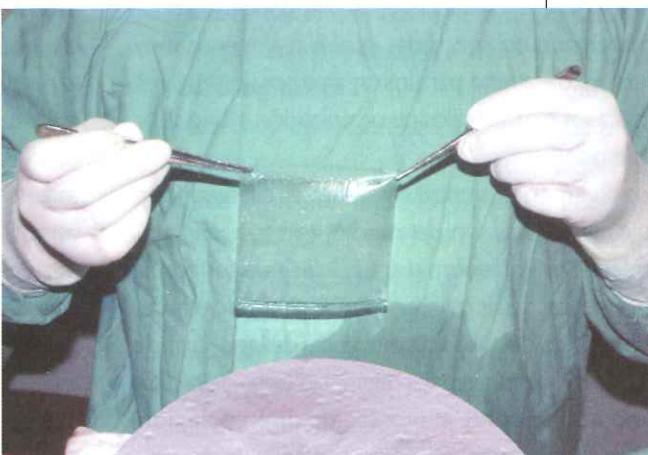
Fig. 6-1. Fotogramas de la serie *El hombre nuclear*.



Bancos de piel y células madre. ¿Por qué no puede nuestro organismo regenerar la mayoría de los órganos dañados? De hecho, las plantas pueden hacerlo. Si se corta un gajo de una planta y se lo introduce en la tierra, al poco tiempo no sólo se regenera el tallo sino toda la planta. Sin embargo, de un pedacito de piel humana no se puede regenerar un cuerpo entero. Ni siquiera se puede recuperar un dedo que sufrió un daño grave. ¿Qué diferencia hay entre las células vegetales y las animales que impide que esto ocurra?

La mayoría de las células vegetales son **totipotentes**, es decir que una célula de cualquier parte de la planta puede generar el resto de las células, pero esto no ocurre naturalmente con las células del cuerpo humano. Las células humanas, una vez que se diferenciaron (se especializaron) y asumieron su función definitiva no pueden dar origen a otra célula diferente. Una célula de la piel siempre origina células de la piel y nunca células del corazón o del hígado. Los científicos y los médicos aprovechan esto para producir tejidos. Por ejemplo, actualmente existen **bancos de tejidos** y laboratorios de **cultivo de piel** que pueden, a partir de un trozo de piel, de dos por dos centímetros, extraído del paciente, obtener láminas de ese tejido para cubrir su cuerpo (figura 6-2).

Pero la ciencia siguió avanzando y hoy se habla de **células madre**. Se trata de células indiferenciadas que todavía no se han especializado en células de tejidos o de órganos, como el riñón, el hígado o el cerebro. Se sabe que hay células madre en todos los tejidos humanos, especialmente en el cordón umbilical, y por eso se crearon los **bancos de células madre del cordón umbilical**. Estas células madre son **pluripotentes**, es decir que son capaces de diferenciarse en cualquier tipo de tejido aunque no pueden originar un organismo completo. Esto resulta de gran interés porque sirve para comprender mejor el desarrollo humano y además por sus beneficios potenciales para la medicina. Si se pueden aislar y cultivar células madre en el laboratorio es posible generar diversidad de células y proporcionar una fuente inagotable de material para reparar daños en nuestros órganos y tejidos.



Gentileza Fundación Benaim.

Fig. 6-2. a, Lámina de piel cultivada; b, queratínocito (célula epidérmica) sobre una membrana de soporte.



1. Respondé las preguntas teniendo en cuenta la información de "ayer" y de "hoy".

- Hacé una lista de distintos tipos de células del cuerpo humano.
- Pensá en un organismo pluricelular, ¿en qué se diferencian sus células?
- ¿Cómo se organizan las células en un organismo complejo? ¿Qué ventaja ofrece esta organización frente a un organismo unicelular?
- ¿Qué diferencia habría entre los órganos "biónicos" y los órganos generados a partir de células madre?
- ¿Qué ventaja puede ofrecer el trasplante de un órgano generado a partir de células madre del propio individuo, en lugar de un órgano donado por otra persona?
- ¿Cuáles son las células del cuerpo humano que son totipotentes, es decir que dan origen a un organismo completo?

71

S II

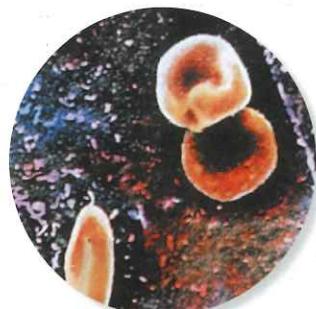
Capítulo 6

La diversidad de células

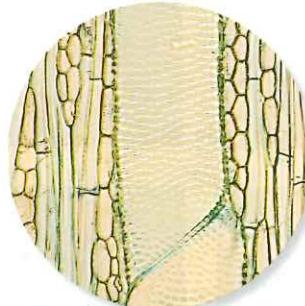
A partir de lo que estudiaste en el capítulo anterior sobre las células, armá en tu carpeta un mapa conceptual para organizar los siguientes conceptos: célula, animal, procariota, vegetal, eucariota.

En el capítulo anterior está la clasificación de las células y la descripción de la estructura celular, sus organelas y funciones. Al referirnos a un modelo de célula eucariota común a todos los animales, y a un tipo de célula común a todos los vegetales, podríamos crear la impresión de que las células de diferentes organismos, e incluso las de un mismo organismo, son todas iguales o al menos muy semejantes. Esto es cierto para los organismos unicelulares, o para los casos más sencillos de organización pluricelular, como las esponjas.

En los organismos pluricelulares esto es diferente porque, si bien las células son del mismo grupo (eucariota), no son idénticas. Por ejemplo, las células que forman la piel son diferentes de las que componen el hígado o el corazón, y las células del tallo son diferentes de las células de las hojas. ¿Cómo se forman los diferentes tipos de células del organismo? Mediante el proceso de **diferenciación**, durante las divisiones sucesivas de la cigota (la primera



Glóbulos rojos. Constituyen el 99% de las células sanguíneas. Tienen forma de discos aplastados y contienen moléculas de hemoglobina, que transportan oxígeno gaseoso.



Células del xilema. Integran el sistema vascular de las plantas a través del cual circulan agua y minerales que ingresan por las raíces hacia el resto de la planta. El xilema está constituido por células muertas y alargadas que, como no tienen contenido citoplasmático, facilitan el transporte.

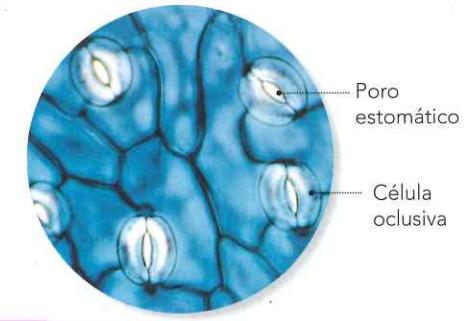
célula de un animal o una planta) se producen cambios en la forma y las funciones de distintos tipos celulares que están determinados a partir de la información genética. La **diferenciación** es el mecanismo mediante el cual una célula no especializada se especializa en numerosos tipos celulares que forman el cuerpo, como los miocitos (células musculares), los hepatocitos (células del hígado), o las células de las raíces, de las hojas o del tallo en las plantas.

Si todas las células de una persona tienen la misma información genética, ¿por qué son tan diferentes?

Aunque todas las células de un organismo poseen la misma información genética, la diferenciación implica que en cada tipo de célula quede "activada" sólo la información genética que le da sus características y funciones específicas, mientras que el resto de esa información queda "apagada". Por ejemplo, en las células de la piel los genes que dan características de "célula hepática" están "apagados", y viceversa. Por eso, **una célula especializada no puede expresar características de otro tipo de célula diferente**. Cada célula especializada desarrolla una forma y tiene una composición química particular que le permite cumplir con su función específica. La asociación de distintos tipos de células, cada uno con una función específica, da lugar a un organismo eficiente en su funcionamiento (figura 6-3).



Neuronas. Constituyen el sistema nervioso. Tienen una forma ramificada adaptada a la función de transmitir señales entre el cerebro, la médula espinal y el resto del cuerpo.



Células oclusivas del estoma. Forman una abertura en la epidermis de la hoja que permite el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono y la transpiración. Pueden cambiar su forma y así abrir y cerrar el poro estomático.

▲ Fig. 6-3. Fotografías de distintos tipos de células. La forma de la célula está adaptada a su función.



Genética
herencia
capítulo 1.
Reproducción
y crecimiento
capítulo 13.
Desarrollo
capítulo 9.
Tejidos óseos
y muscular:
capítulo 12.
O sanguíneos
y vasos
sanguíneos:
capítulo 9.

Las células se organizan en tejidos

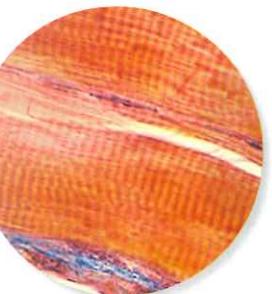
En las plantas y en los animales los diferentes tipos de células se organizan en **tejidos**, grupos de células similares que actúan de manera coordinada en una función específica. Más allá de las diferencias que puedan tener sus células, los tejidos se diferencian también en la **matriz extracelular**, que es el tipo de sustancias que rodean las células y que, según su composición, pueden dar diferente aspecto y funcionalidad al tejido. Veamos los tejidos animales que son básicamente de cuatro tipos: epitelial, muscular, conectivo y nervioso.

Tejido epitelial. Está formado por capas de células que cubren la superficie exterior del cuerpo o tapizan el interior de los órganos, los canales y las cavidades. Protege contra lesiones, sustancias nocivas, infecciones y desecación. Las células epiteliales pueden ser planas, en forma de cubo o de columna. El epitelio plano se encuentra en la capa externa de la piel (epidermis) y en el interior de la boca. Las células cuboides y columnares tapizan el interior de los conductos del cuerpo (digestivo, respiratorio –figura 6-4– y vasos sanguíneos). Algunos tejidos epiteliales secretan sustancias, como el epitelio del estómago que libera enzimas digestivas.

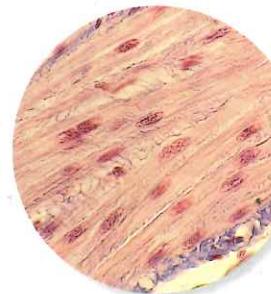
Tejido muscular. Está formado por células alargadas o cilíndricas (fibras musculares) que pueden acortarse y alargarse. Esto permite la contracción y relajación muscular. En el capítulo 13 los veremos en detalle.



◀ Fig. 6-4. En el sistema respiratorio las células en forma de columna están recubiertas por cílios, finísimas prolongaciones que se agitan y eliminan partículas extrañas.



◀ Fig. 6-5. Corte longitudinal de tejido muscular estriado.

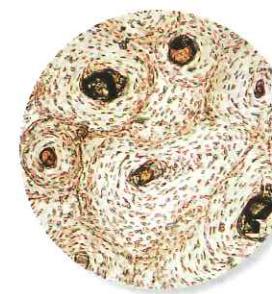


◀ Fig. 6-6. Corte longitudinal de tejido muscular liso.

Tejido conectivo o conjuntivo. Incluye una variedad de tejidos que se caracterizan porque sus células están separadas unas de otras y rodeadas por la matriz extracelular que ellas mismas secretan. La matriz le da al tejido sus características particulares. Este tejido puede ser:

- **fibroso:** se encuentra en la piel, los tendones y ligamentos. En la matriz abunda el colágeno, una proteína que da elasticidad y resistencia. Mantiene juntos los tejidos y los órganos.
- **óseo:** forma los huesos. La matriz contiene colágeno y sales de calcio que le dan dureza y resistencia. Da sostén, protección y permite el movimiento (figura 6-7).
- **cartilaginoso:** en los adultos hay cartílago en los extremos de los huesos, la nariz y las orejas. Tiene una matriz elástica y resistente que da sostén y reduce la fricción entre los huesos (figura 6-8).
- **adiposo:** está debajo de la piel y alrededor de órganos. Sus células almacenan grasas (reserva energética), aíslan y protegen los órganos.
- **sanguíneo:** está formado por células inmersas en una matriz acuosa (plasma). Transporta sustancias a través del organismo.

Tejido nervioso. Se encuentra en el cerebro, la médula espinal y los nervios. Las unidades funcionales son las neuronas. Su función es la transmisión de impulsos nerviosos desde y hacia los órganos, y la interpretación y traducción de la información nerviosa (figura 6-9).



▲ Fig. 6-7. Tejido óseo.



▲ Fig. 6-8. Tejido cartilaginoso.



▲ Fig. 6-9. Tejido nervioso.

Los tejidos forman órganos

Observá la figura 6-10 que muestra como los tejidos se organizan y forman estructuras más complejas: los **órganos**. El estómago, los pulmones, la vejiga y el cerebro son algunos órganos de los animales.

En general, un **órgano combina varios tipos de tejido que desempeñan de manera coordinada una función común**. Por ejemplo, el estómago que muestra la imagen está formado por tejido epitelial, tejido muscular y tejido conectivo en sus paredes. Además, las células que forman estos tejidos se nutren a través del oxígeno, de otros nutrientes y de otras sustancias que transporta la sangre, que también elimina los desechos metabólicos. El funcionamiento del estómago está coordinado por las neuronas; éstas forman el tejido nervioso y también llegan hasta las células del estómago.

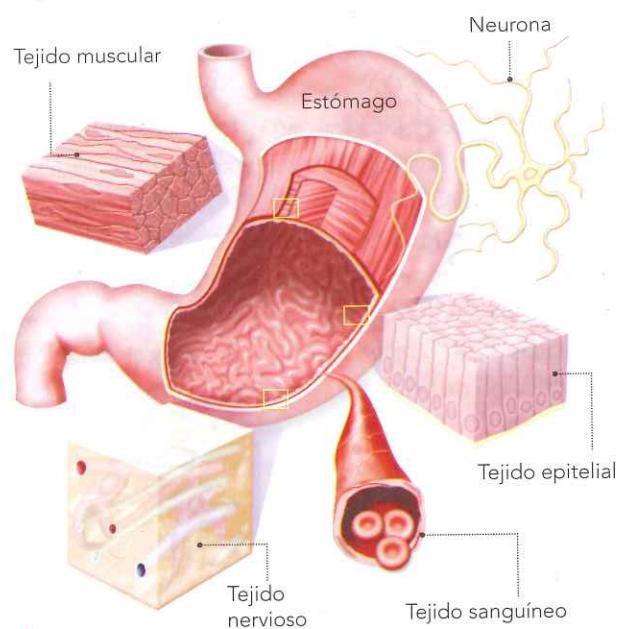


Fig. 6-10. Células y tejidos del estómago.



2. Observá la figura 6-12 e indicá qué números representan los tejidos dérmico, fundamental y vascular.

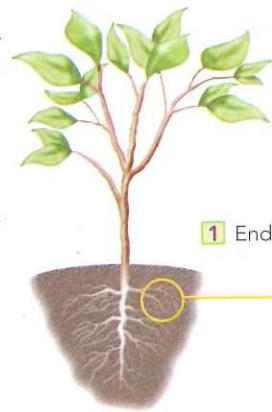


Fig. 6-12. Corte transversal de una raíz.

Las flores, la raíz, el tallo y las hojas son ejemplos de órganos vegetales. Las hojas son los principales órganos fotosintetizadores de las plantas, donde la energía lumínica captada se transforma en energía química almacenada en las sustancias orgánicas.

Básicamente, existen tres tipos de tejidos en las plantas: **dérmico, fundamental y vascular**. La figura 6-11 muestra la estructura de una hoja. El tejido dérmico incluye la **epidermis** en la parte superior e inferior de la hoja y la **cutícula**, una fina capa cerosa que cubre la epidermis y reduce la pérdida de agua. En la epidermis se encuentran los estomas. Los tejidos fundamentales integran la mayor parte del cuerpo de la planta y cumplen las funciones de fotosíntesis, sostén y almacenamiento. El **parénquima** es el más abundante de los tejidos fundamentales. El tejido vascular está formado por el **xilema** y el **floema**, que transportan nutrientes, gases, agua y desechos entre las diferentes partes de la planta.

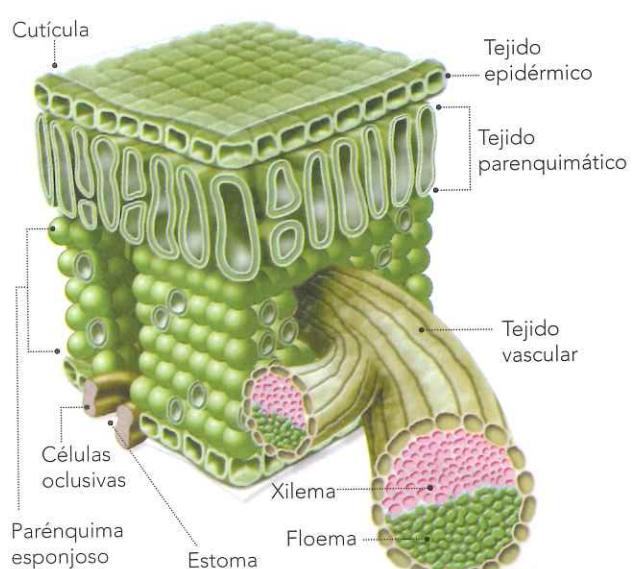
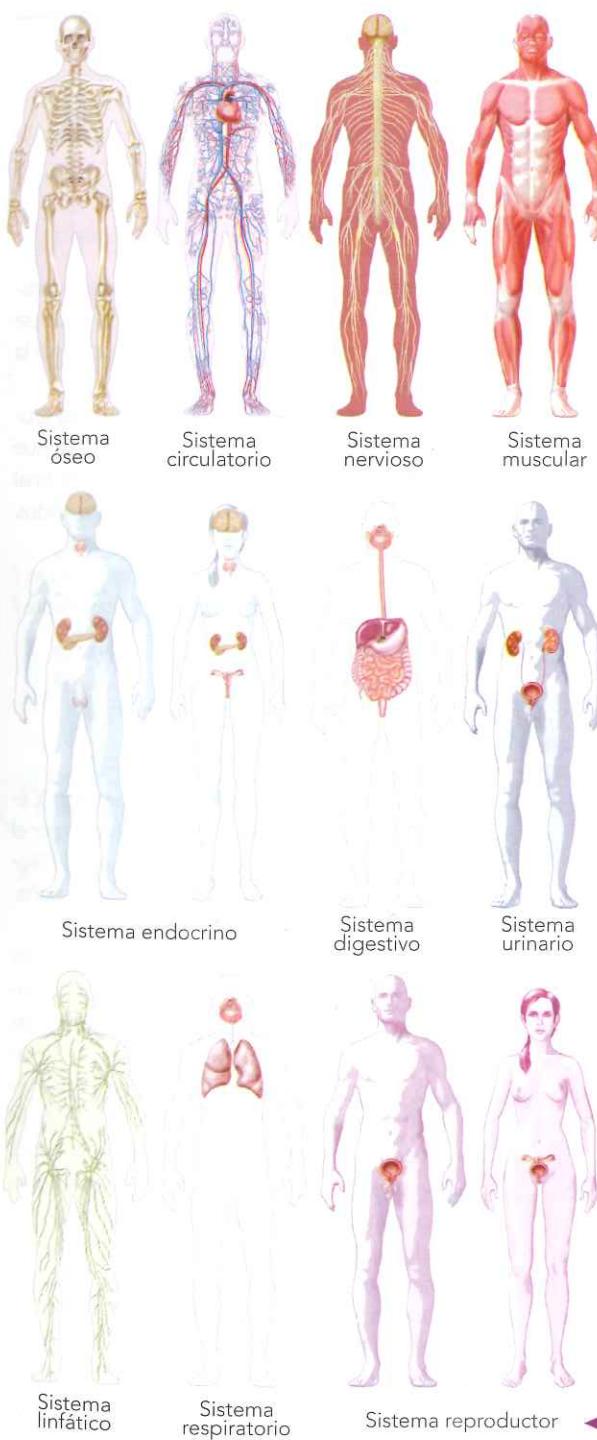


Fig. 6-11. Estructura de una hoja. Organización de los tejidos vistos en un corte transversal.

Los sistemas de órganos y su integración

Ya sabés que los organismos complejos alcanzan un nivel mayor de organización: el de **sistemas de órganos** (figura 6-13). Pero ¿es suficiente la simple suma de los órganos que lo componen? El funcionamiento del sistema depende de la coordinación y de las relaciones que se establecen entre ellos. Por ejemplo, el sistema circulatorio requiere que cada órgano que lo compone cumpla con su función: el



corazón bombea la sangre, los vasos sanguíneos transportan la sangre bombeada hasta cada célula e intercambian sustancias con ellas, y transportan los desechos a los órganos de excreción.

A su vez, los diferentes **sistemas de órganos dependen unos de otros y deben actuar en forma coordinada**. Por ejemplo, el transporte de sustancias en la sangre requiere la acción conjunta con el sistema digestivo, desde el cual se absorben los nutrientes, y con el sistema respiratorio, que aporta el oxígeno del aire inhalado y toma el dióxido de carbono que será exhalado. De la correcta nutrición depende también el buen funcionamiento del sistema inmune, que previene o combate las enfermedades. Pero esto no termina aquí. A su vez, todos los sistemas están coordinados por el sistema nervioso y el sistema endocrino, que reciben nutrientes y oxígeno a través del sistema circulatorio, al igual que los sistemas óseo y muscular que sostienen, protegen y dan movimiento.

En cuanto a las plantas, también son organismos con una estructura compleja en la que intervienen, de forma organizada y coordinada, órganos, tejidos y células. En el caso particular de las plantas vasculares estas estructuras integran las **raíces**, y el **tallo** con sus ramificaciones, **hojas** y **yemas** (que darán lugar a **flores y frutos**).

Las raíces y sus ramificaciones tienen la función de anclar la planta al suelo (de donde absorbe agua y minerales), transportan sustancias entre la raíz y el tallo, almacenan sustancias de reserva e interactúan con microorganismos del suelo que aportan nutrientes. El tallo con sus ramificaciones –hojas, yemas (formadas por células con capacidad de división), flores y frutos (según la temporada)– cumplen las funciones de fotosíntesis, transporte de sustancias, reproducción y síntesis de hormonas, entre otras.

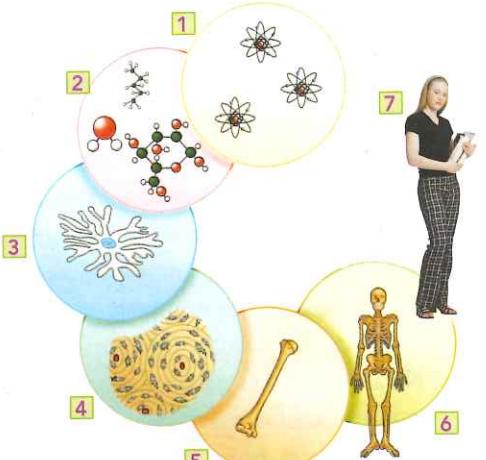
Los sistemas de órganos en conjunto integran un sistema mayor: el **organismo complejo**. La supervivencia del organismo en su totalidad depende del correcto funcionamiento de cada sistema y de la coordinación entre ellos.

3. En un sistema, si uno de los componentes no cumple con su función, el sistema se ve afectado en su totalidad. Aportá un ejemplo del cuerpo humano que confirme esta afirmación.

Fig. 6-13. Sistemas del organismo humano.

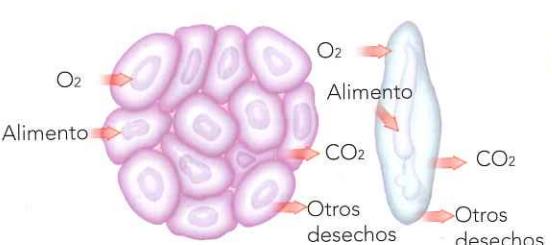
Aplicación y análisis

4. A partir de lo estudiado en este capítulo y en el anterior:
- Indicá cada nivel de organización representado en la figura 6-14.
 - ¿Qué tipo de estructura está representada en el nivel 3?
 - ¿Qué función cumple la estructura representada en el nivel 5?
 - ¿Cómo se llama la estructura del nivel 6?



▲ Fig. 6-14. Niveles de organización de la materia.

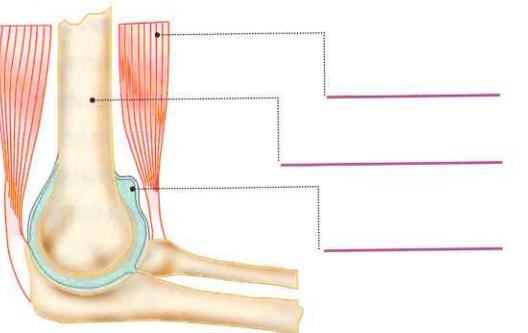
5. Analizá la figura 6-15 y respondé las preguntas.



▲ Fig. 6-15. Representación de dos tipos de organismos.

- ¿Qué representan ambas ilustraciones?
- De acuerdo con las sustancias que ingresan y salen de estas células, ¿qué función se representa?
- Si todas las células del sistema pluricelular son iguales, es decir que no están especializadas en diferentes funciones, ¿qué inconvenientes podría tener este organismo?
- ¿Por qué un organismo unicelular no tiene este problema?
- ¿Qué adaptación ocurrió a lo largo de la evolución que permite el funcionamiento eficiente de los organismos pluricelulares?
- ¿Cuáles son los sistemas que intervienen en la nutrición en el ser humano?

6. Observá la figura 6-16 e indicá cuáles son los tejidos que aparecen representados.



▲ Fig. 6-16. Articulación del codo.

Organización de la información

7. En la siguiente actividad te proponemos que construyas una red conceptual. ¿Recordás de qué se trata? Si no es así te sugerimos que vuelvas a leer la página 41 del capítulo 3. Reúnete con tres o cuatro compañeros. Cada grupo tiene que diseñar su propia red conceptual que después analizarán con el resto de la clase. Al final podrán construir una red conceptual entre todos. Los conceptos que forman la red son: Célula / sangre / tejidos / neurona / diferenciación / órgano / eucariotas / glóbulos rojos / células madre / sistemas / organismo complejo

Opinión y debate

8. El siguiente texto es un extracto del documento "Células madre y clonación terapéutica" publicado por el Departamento de Microbiología e Instituto de Biotecnología, de la Universidad de Granada, en España.

"[...] La terapia en principio más inmediata de los cultivos de células madre será el trasplante de poblaciones celulares al propio individuo donante. Pero para conseguir el auténtico potencial terapéutico de esta tecnología habría que lograr reconstruir tejidos más complejos e incluso órganos o algunas de sus partes, con plena funcionalidad. Aquí se presentan nuevos problemas de otro tipo, que podríamos englobar bajo el epígrafe de 'ingeniería de tejidos y órganos', pero que aún quedan relativamente lejos de las posibilidades actuales. En cuanto a regeneración de órganos, uno de los puntos clave es lograr estructuras organizadas tridimensionalmente, donde las distintas células adquieran posiciones adecuadas para intercomunicarse entre sí y con otras partes del organismo. Para

ello se intenta disponer de 'andamios' tridimensionales que sirvan para dar forma y consistencia, y para alojar adecuadamente a las células: 'prótesis óseas biológicas', a base de combinaciones de células, sustancias bioactivas y matrices tridimensionales de soporte que imitan el hueso natural. Lograr órganos macizos como el riñón y el hígado, constituye el 'Santo Grial' de la bioingeniería. Está claro que aún estamos en la primera infancia de la ingeniería de tejidos y órganos. El reto futuro será no sólo derivar células diferenciadas a partir de células madre, sino lograr estructuras funcionales, con su vasculatura y su inervación. [...] Ha habido un avance hacia algo parecido a un hígado artificial: usando una técnica de impresión en tres dimensiones. Originalmente pensada para piezas metálicas, este equipo logró que las células se organizaran en estructuras microscópicas semejantes a las del hígado[...]".

Leé el texto y analizá los siguientes aspectos. Luego debatan en clase.

- ¿En qué etapa se halla la investigación con células madre?
- ¿Cuáles son las posibilidades futuras?
- ¿Cuál es la principal dificultad con que se enfrentan los científicos para lograr el auténtico potencial terapéutico que esperan?
- ¿Cómo se relaciona esto con los órganos "biónicos" a los que se hacía referencia en la introducción del capítulo?
- ¿Qué logros se obtuvieron hasta el momento?
- ¿Qué opinión te merecen estos avances científicos y médicos?

Investigación

9. Uno de los órganos de las plantas son las flores. Investiga y respondé las siguientes preguntas:
- ¿Cuál es la función de la flor?
 - Buscá información acerca de las diferentes estructuras que forman la flor y cuál es su función.
 - ¿Cómo afectaría al resto del organismo la ausencia o el deterioro de las flores?
 - Explicá cuál es la relación entre este órgano y las raíces.
 - Si las células que forman las flores tienen el mismo ADN que las células que forman las hojas, ¿por qué son tan diferentes entre sí estos órganos?

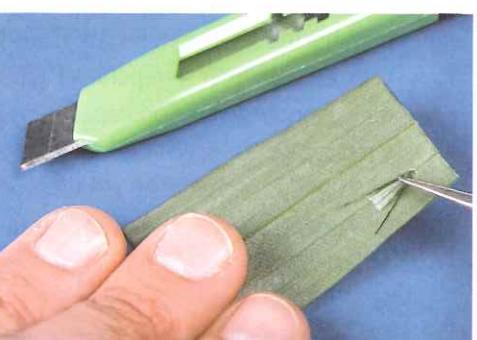
Trabajo de laboratorio

10. Te proponemos realizar una experiencia para observar cómo funcionan los estomas. Los estomas son

diminutos poros de la superficie de las hojas por los cuales se produce el intercambio gaseoso. A través de ellos difunden gases como el CO_2 , O_2 y vapor de H_2O , que participan en procesos como la respiración, la fotosíntesis y la transpiración. Los estomas están formados por células epidérmicas de la hoja, las células oclusivas, que se cierran y se abren según las necesidades fisiológicas de la planta y de acuerdo con varios factores como la humedad, la luz, la concentración de iones, etcétera.

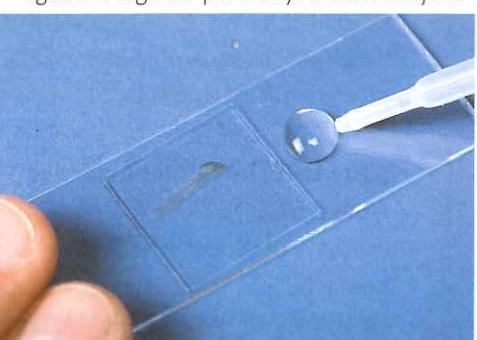
Materiales: una planta; una pinza; un portaobjeto; un cubreobjeto; agua; solución salina (10%); un microscopio óptico.

- 1.º Desprendé con la pinza una fina capa de la epidermis inferior de una hoja y colocala en un portaobjeto sobre una gota de agua. Tapá suavemente con el cubreobjeto para eliminar las posibles burbujas de aire.



▲ Fig. 6-17. Desprendimiento de la epidermis.

- 2.º Observá con el microscopio y graficá. (No te olvides de anotar siempre con cuánto aumento estás trabajando).
- 3.º Colocá debajo del cubreobjeto una gota de solución salina.
- 4.º Observá nuevamente con el microscopio y dibujá lo observado.
- 5.º Luego lavá la solución salina; para esto, colocá agua con el gotero por debajo del cubreobjeto.



▲ Fig. 6-18. Lavado de la solución salina.

- 6.º Observá y dibujá los cambios.
- 7.º Analizá lo ocurrido y sugiri una posible explicación.

Células madre, en ellas está el futuro

Las células madre pueden ser, en el futuro, una de las herramientas médicas más poderosas para curar enfermedades que hoy son incurables. Una parte de ese futuro ya está entre nosotros. Para informarnos sobre estas novedades visitamos el Banco Nacional Público de Células Progenitoras Hematopoyéticas de Sangre del Cordón Umbilical del Hospital de Pediatría "Prof. Dr. Juan P. Garrahan". Allí entrevistamos a la directora, la Dra. Ana del Pozo, y a su equipo de colaboradores.



Dra. Ana del Pozo

¿Qué son las células madre?

Se trata de células que pueden originar diferentes tipos de tejidos u órganos. La función primaria de estas células en un organismo vivo es mantener y reparar el tejido en el que se encuentran. Son capaces de dividirse y renovarse por largos períodos, no están especializadas (es decir, no tienen una función definida) y pueden evolucionar a una célula especializada por medio del proceso de diferenciación. Son pluripotenciales, es decir que tienen múltiples posibilidades. Por lo general, cada tejido está constituido por un tipo de células especializadas: óseas, de la piel, del músculo. Una célula madre puede dar lugar a todos estos tipos celulares. Hasta hace poco tiempo se creía que las células madre que evolucionaban a células especializadas o diferenciadas eran las que residían en cada tejido, por ejemplo, se pensaba que las células madre de la médula ósea sólo darían lugar a células sanguíneas como glóbulos blancos, plaquetas y glóbulos rojos. Actualmente sabemos que existen otras posibilidades.

¿Qué tipos de células madre se conocen?

Existen dos tipos: embrionarias y no embrionarias. Las embrionarias se obtienen de embriones de pocas horas, lo cual suscita posiciones sujetas a controversias. En este sentido la Organización Internacional Genoma Humano, recomienda "no practicar la clonación con fines reproductivos, pero sí

apoyar la clonación terapéutica y en caso de existir beneficios indiscutibles y amplios para la humanidad, aceptar éticamente la creación de embriones con el fin de cultivar células madre". Nosotros usamos las células madre no embrionarias.

¿De dónde se obtienen las células no embrionarias?

En todos los tejidos existen células madre sómaticas o adultas, todas ellas no embrionarias. En los últimos años se pudo establecer que las células madre de la médula ósea pueden originar células con diferentes especialidades: nerviosa, ósea, miocardio, etc. Lo mismo sucede con las células madre de la sangre placentaria. Para realizar el trasplante de médula ósea se utilizan células madre de estas dos fuentes, dependiendo de la disponibilidad de cada una de ellas.

¿Cuál es la ventaja de la sangre del cordón umbilical?

En el caso de la sangre de placenta o cordón umbilical, estamos colectando sangre que, si no se usa, se guarda para preservarla para el trasplante de médula ósea. Además, estará disponible ya que la colectamos, la guardamos, y cuando el paciente la necesita, lo único que tenemos que hacer es ir a los archivos e indagar si hay disponibilidad para el paciente que lo requiere. Tener un banco público donde uno puede archivar células

madre que luego estarán disponibles para el que las necesita, es una gran ventaja para toda la comunidad.

Pero esas células, ¿son útiles sólo para el "dueño" de la sangre del cordón?

No. Justamente lo recomendable es que esas células progenitoras de sangre del cordón sean archivadas en un banco público para que puedan estar disponibles para cualquier persona. En un banco privado, en cambio, se guarda la sangre del cordón para el propio uso del donante o para su familia. Pero la probabilidad de uso de esa sangre es ínfima. Por eso, lo ideal es tener un banco, y cuantas más unidades estén guardadas allí, más posibilidades tendrá cualquier persona en el caso de que las necesite.

Por unidad se entienden las muestras de sangre del cordón colectadas, procesadas y guardadas, en condiciones adecuadas.

Existe un debate entre bancos privados y bancos públicos del cordón umbilical. ¿Cuál es su opinión al respecto?

Hoy en día no parece recomendable dejar la sangre del cordón umbilical en un banco privado. En la medida en haya un banco público y que ese banco esté diseñado para que lo utilice quien lo necesita, yo creo que los esfuerzos de toda la sociedad deben estar dirigidos a apoyar este proyecto. Ese punto de vista es compartido por expertos de todo el mundo, en Estados Unidos, un país donde el emprendimiento privado es muy importante, el Dr. Pablo Rubinstein del New York Blood Center, uno de los bancos de células progenitoras más prestigiosos y el más antiguo del mundo, también comparte esta opinión. Como ya mencioné, lo importante es tener un banco público que contenga un gran número de unidades almacenadas que puedan dar respuesta a todos los pedidos que se produzcan. En los bancos privados, la unidad sólo quedaría restringida a esa persona, y con el agravante de que cuando el paciente tiene una enfermedad genética no lo puede usar, ni para él ni para sus hermanos. Si tiene leucemia, esta enfermedad podría estar presente también

¿Cuáles son las ventajas y/o desventajas que tiene el trasplante de médula ósea, con respecto al de sangre del cordón?

Cuando un paciente tiene que ser tratado con trasplante de células madre progenitoras



▲ Hospital de Pediatría "Prof. Dr. Juan P. Garrahan".

en las células de la sangre del cordón. La Comisión de Ética de la Comunidad Europea recomienda a los países miembros desalentar la creación de los bancos privados, y en países como Francia, España, Italia y Bélgica, lo prohibieron como una política de Estado. Esto es una lectura para tener en cuenta.

¿Cuánto duran las células madre guardadas en los bancos?

De acuerdo con las investigaciones actuales, la viabilidad de estas células es de unos quince años, aunque es probable que duren más. Lo que sucede es que ésa es la máxima antigüedad de los bancos de células progenitoras creados hasta la fecha.

¿Se usan sólo en chicos o se pueden aplicar también en adultos?

Una cosa muy interesante es que hasta hace poco tiempo se transplantaba sólo a pacientes de pequeña talla (pediátricos), pero algunos médicos comunicaron que habían trasplantando con éxito unidades de sangre del cordón a pacientes de hasta 90 kg. Por otra parte, el NETCORD (organización internacional que regula y coordina las actividades con sangre del cordón umbilical en el mundo) comunicó que el 33% de las unidades disponibles se han utilizado en adultos.

¿Cuáles son las ventajas y/o desventajas que tiene el trasplante de médula ósea, con respecto al de sangre del cordón?

Cuando un paciente tiene que ser tratado con trasplante de células madre progenitoras

hematopoyéticas, si tiene un hermano compatible, que le aportará células casi idénticas y que por lo tanto no rechazará el trasplante de médula ósea de su hermano es el mejor método. Pero si no hay un donante familiar, la alternativa es el trasplante con células madre progenitoras hematopoyéticas no familiares, y para ello la sangre del cordón umbilical es una excelente alternativa.

¿Qué enfermedades se pueden tratar con las células del cordón?

Hasta ahora se utilizan sólo en la regeneración de células hematopoyéticas. En el futuro, tal vez puedan utilizarse para regeneración de otros tejidos, pero hasta ahora eso es experimental. Las enfermedades que se tratan con trasplante de médula ósea son las inmunodeficiencias severas, enfermedades hematológicas

como la aplasia medular, las leucemias agudas y crónicas, y las enfermedades metabólicas como la osteopetrosis.

Y en el futuro, ¿qué enfermedades podrán curarse?

Sabemos que casi todos los tejidos pueden regenerarse con estas células madre, que tienen alta potencialidad regenerativa, pero todavía resta un camino por recorrer para que esto se incorpore como una estrategia terapéutica corriente, como es el trasplante de células progenitoras hematopoyéticas también conocido como trasplante de médula ósea. Habrá que hacer primero investigación en animales (ya existen muchos protocolos en curso) y luego vendrán los estudios en humanos. La metodología deberá tener resultados duraderos, estables. ■

Hoja de vida

Ana del Pozo

Es médica especialista en Hematología. Es jefa del Servicio de Hemoterapia y directora del Banco de Sangre del Cordón Umbilical del Hospital de Pediatría "Prof. Dr. Juan P. Garrahan". Trabaja con un equipo integrado por la bióloga Cecilia Gamba, jefa del Laboratorio de Procesamiento de Sangre del Cordón, y la Dra. María Angélica Marcos, coordinadora de colectas de sangre del cordón en las maternidades y de la captación de madres donantes. Tienen convenios firmados con el Hospital Materno Infantil "Ramón Sardá" y con la maternidad del Hospital Británico. El servicio trabaja desde 1993 en el procesamiento de células progenitoras a partir de la médula ósea, y comenzó en 1995 a procesar sangre del cordón umbilical. El año 2005 marcó la diferencia, ya que lograron abrir el primer Banco Público de Sangre del Cordón Umbilical de la Argentina y el tercero de América latina, después de México y Brasil.

además

Cada cachorro con su placenta

La placenta sirve de conexión entre la sangre de la madre y el feto. En ese intercambio, la madre se lleva los desechos tóxicos provenientes del metabolismo de su embrión, y el futuro bebé recibe los nutrientes y el oxígeno vitales para su vida intrauterina. Es una estructura compleja formada por una porción materna y otra del futuro bebé. A esta última está unido el cordón umbilical, que tiene 100% de sangre del feto. ¿Cómo es esto en los otros mamíferos? Es igual, pero con la diferencia de que en perros y gatos, por ejemplo, cada cachorro tiene su propia placenta y su propio cordón. Estos animales miden con sus bigotes el largo del corte y, en un solo movimiento, con sus dientes cortan y obturban los vasos sanguíneos del cordón. Terminado el parto, las hembras se comen la placenta. Pero no es por motivos alimenticios, ya que tanto los herbívoros como los carnívoros lo hacen. Es para no dejar rastros, en la Naturaleza, del nacimiento de sus cachorros, presas débiles y preferidas de sus predadores.

Proceso de obtención de células madre a partir del cordón umbilical

a Evaluación y selección de donantes



El obstetra habla con la madre embarazada y la invita a donar sangre del cordón de su hijo. Si la madre acepta, firma un consentimiento informado que se archiva. Se realiza una entrevista y se le toma una muestra de sangre para evaluar la presencia de enfermedades infecciosas transmisibles por transfusión. Cada donación y las muestras asociadas a ella se identifican con un número único.

b Colecta



El bebé es separado de la placenta mediante el corte del cordón umbilical. Se toma el resto del cordón que se conecta con la placenta y se punza la vena umbilical en un extremo del cordón, con la placenta dentro de la madre. Se colecta un volumen que varía entre los 40 y los 190 ml (contiene plasma, glóbulos rojos, plaquetas, glóbulos blancos).

c Procesamiento



La bolsa de sangre es colocada en un procesador automático junto con una solución de hidroxietil almidón, que hace que los glóbulos rojos precipiten al ser centrifugados. Se separan así plasma, plaquetas, glóbulos rojos y aparece una porción enriquecida en células mononucleares: aquí se encuentran las células progenitoras hematopoyéticas. Esta última fracción, de unos 20 ml, contiene las células progenitoras.



Además de la unidad colectada se preparan muestras que contienen la sangre del cordón y sangre de la madre. Se utilizarán para hacer los estudios previos al trasplante.

d Almacenamiento y preservación



Se le agrega un crioprotector que evita que las células estallen al ser congeladas.

El Instituto Nacional Central Único Coordinador de Ablación e Implante (INCUAI) cuenta con el registro nacional e internacional de donantes de células progenitoras obtenidas del cordón umbilical.



Comienza un descenso de temperatura controlado para minimizar la pérdida por muerte celular. De esta manera las células son congeladas hasta -50 °C.



Finalmente, las unidades son congeladas y mantenidas a -196 °C en nitrógeno líquido.

Sección III

La nutrición en el ser humano



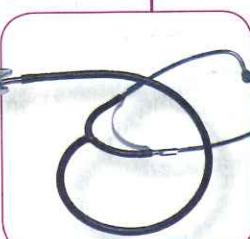
Capítulo 7 La digestión

Alimentos y nutrientes. ¿Cuál contiene a cuál? Un tubo muy digestivo. Digestión mecánica y química. ¡¡Otra vez enzimas!! Del bolo al quimo, del quimo al chile, del chile al quilo. Hígado y páncreas, para sacarles jugo. Las absorbentes vellosos. Lo que no queda, se va. **¿Cuál es tu plan?** Alimentación saludable. Otros modelos digestivos.



Capítulo 8 La respiración

¿Para qué respiramos? Nutrientes + oxígeno = energía. Modelos respiratorios. De la nariz a los alvéolos. Inspirar y espirar. Hemoglobina. La hemoglobina y el oxígeno. Respiración celular. Mitocloras en acción. ¿Cuánto ATP ganaste?



Capítulo 9 La circulación

¿Qué tenés en la sangre? Plasma, glóbulos, plaquetas y más. Coagulación, tapón salvador. Corazón abierto. Músculo incansable. Todo tiene un ciclo. Venas, arterias, capilares. Sangre en circuito. Otros modelos circulatorios.



Capítulo 10 La excreción

¿Qué se excreta? Órganos excretores. De la sangre a la orina. Riñones. El nefrón y sus minúsculos corpúsculos. Filtración, reabsorción, secreción. Y al final, la micción. Otros modelos excretores.



Nuestra gente Nutrición saludable: algo más que comer bien

Nutrición y salud. ¿Sabés qué comés? Dieta sana, dieta equilibrada. ¿Sólo trata de saber comer? Saber elegir. ¿Qué hay del IMC? Obesidad y comida chatarra. Las doctoras **Miriam Tonietti** y **Diana Pasqualini** te proponen un buen plan para vivir con salud.

84

9

11

12

12

85

9

11

12

12

86

9

11

12

12

87

9

11

12

12

88

9

11

12

12

89

9

11

12

12

90

9

11

12

12

91

9

11

12

12

92

9

11

12

12

93

9

11

12

12

94

9

11

12

12

95

9

11

12

12

96

9

11

12

12

97

9

11

12

12

98

9

11

12

12

99

9

11

12

12

100

9

11

12

12

101

9

11

12

12

102

9

11

12

12

103

9

11

12

12

104

9

11

12

12

105

9

11

12

12

106

9

11

12

12

107

9

11

12

12

108

9

11

12

12

109

9

11

12

12

110

9

11

12

12

111

9

11

12

12

112

9

11

12

12

113

9

11

12

12

114

9

11

12

12

115

9

11

12

12

116

9

11

12

12

117

9

11

12

12

118

9

11

12

12

119

9

11

12

12

120

9

11

12

12

121

9

11

12

12

122

Capítulo 7

La digestión



lejos

Un largo camino. Aprender a elegir los alimentos que debemos comer es todo un desafío, y nuestra salud depende de cómo lo enfrentamos. Y si a esto le agregamos la difusión permanente de dietas nuevas que prometen una vida saludable y una silueta esbelta, es usual que nos preguntemos: ¿cuáles son los alimentos que debemos ingerir? ¿En qué proporciones? ¿La dieta es la misma para todas las personas en cualquier parte del mundo?

Aunque una dieta debe ser hecha "a medida" de cada persona (según sus características físicas, la actividad que realiza y el lugar donde vive, entre otras cosas) existen consejos que son aplicables a la población en su conjunto. Con este criterio, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos publicó en 1992 la **pirámide de la alimentación**. Ésta informa acerca de la manera "correcta" de alimentarse, con el fin de mantener un buen estado físico y reducir el riesgo de ciertas enfermedades ligadas a la alimentación, como las cardiovasculares (figura 7-1). Básicamente, recomienda reducir de manera considerable el consumo de lípidos y aumentar la ingesta de alimentos ricos en hidratos de carbono complejos, presentes en los cereales, las legumbres, las harinas y sus derivados.

Pero a medida que avanzan los conocimientos en temas de nutrición, también van variando los consejos acerca de cuál es la dieta adecuada. Así surgieron nuevas recomendaciones que incluyeron las frutas y verduras en la base de la pirámide.

Recientemente, la Secretaría de Agricultura de Estados Unidos propuso una nueva pirámide que sustituye las clásicas bandas horizontales y destaca la importancia del ejercicio físico mediante la representación de una persona que sube escalones hacia la cumbre (figura 7-2).

La nueva pirámide está dividida en seis porciones verticales, cada una tiene un color que representa una categoría de alimentos y el tamaño de las bases de esas porciones indica el consumo recomendado de cada uno de esos grupos.

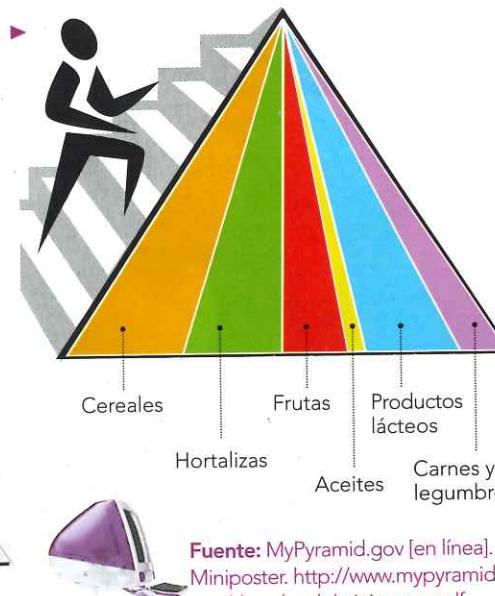
Pero todavía no está dicha la última palabra, aún queda un largo y nutritivo camino por recorrer.

84



▲Fig. 7-1. Pirámide alimentaria tradicional.

Fig. 7-2. ▶ Nueva pirámide alimentaria.



Fuente: MyPyramid.gov [en línea].
Miniposter. <http://www.mypyramid.gov/downloads/miniposter.pdf>

Un camino que continuó con serios cuestionamientos. Una de las críticas a las pirámides alimentarias se centró en que se habían planificado teniendo en cuenta los hábitos y las costumbres de la población estadounidense. Para solucionar este inconveniente, en noviembre del año 2000 la Asociación Argentina de Dietistas y Nutricionistas Dietistas (AADYND) elaboró una propuesta que se adapta a las necesidades de nuestra población: las **Guías Alimentarias para la Población Argentina** y una representación gráfica, en forma de óvalo o elipse, de la alimentación saludable (figuras 7-3 y 7-4). En este esquema queda reflejada la importancia de consumir proporciones adecuadas de una gran variedad de alimentos y utilizar agua potable para beber y cocinar.

El objetivo de las Guías Alimentarias es funcionar como una herramienta educativa, para concientizar a la población sobre la importancia de incorporar buenos hábitos alimentarios, alentar el consumo de alimentos variados, corregir los hábitos perjudiciales y reforzar aquellas conductas que permiten mantener un estado saludable, tanto en la alimentación como en la actividad física.

◀ Fig. 7-3. Los diez consejos de las Guías Alimentarias para la Población Argentina.

1. Comer con moderación e incluir alimentos variados en cada comida.
2. Consumir todos los días leche, yogures o quesos, en todas las edades.
3. Comer frutas y verduras de todo tipo y color.
4. Comer una amplia variedad de carnes rojas y blancas, retirando la grasa visible.
5. Preparar las comidas con aceite crudo y evitar la grasa para cocinar.
6. Disminuir el consumo de sal y azúcar.
7. Consumir variedad de panes, cereales, pastas, harinas, féculas y legumbres.
8. Disminuir el consumo de bebidas alcohólicas y evitarlo en niños, adolescentes, embarazadas y madres lactantes.
9. Tomar abundante cantidad de agua potable a lo largo del día.
10. Aprovechar el momento de las comidas para el encuentro y diálogo con otros.



Fuente: Asociación Argentina de Dietistas y Nutricionistas Dietistas (AADYND) [en línea].
www.aadynd.org.ar



1. Luego de leer esta página y la anterior, observá nuevamente los esquemas y respondé.

- a) ¿Qué diferencias encontrás entre la antigua y la nueva pirámide norteamericana?
- b) ¿Qué representa el chorro de agua potable que recorre la elipse alimentaria?
- c) ¿Por qué las Guías Alimentarias recomiendan *Consumir todos los días leche, yogures o quesos, en todas las edades*? ¿Qué componente aportan estos alimentos? ¿Por qué es importante?
- d) ¿De qué manera podría afectar la salud el consumo excesivo de lípidos?
- e) ¿Cuál es el mayor aporte de las frutas y las verduras al organismo?
- f) ¿Qué diferencias encontrás entre la información que brindan la nueva pirámide norteamericana y las Guías Alimentarias para la Población Argentina?
- g) ¿Qué argumentos utilizarías para explicarle a un amigo la importancia de optar por una alimentación sana? ¿En qué consistiría dicha alimentación?

85

S III

Capítulo 7

cerca

Alimentos y nutrientes

Ya sabés que cada una de las actividades que realizamos requiere energía y, también, que la mayoría de nuestras células siempre se están renovando. ¿De dónde obtenemos esa energía y los "materiales de construcción" necesarios para cada una de las células y los tejidos del cuerpo?

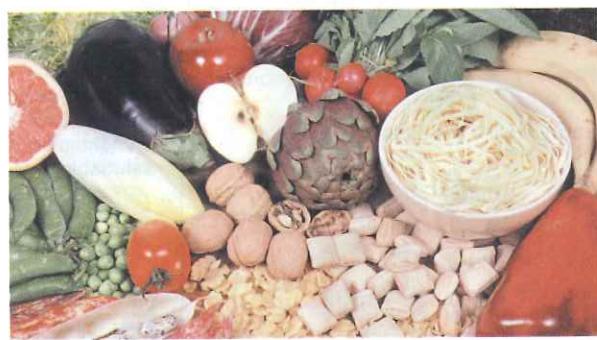
Los **alimentos** contienen los materiales que necesitamos para que el organismo funcione correctamente: los **nutrientes**. Según el Código Alimentario Argentino, alimento es "toda sustancia o mezcla de sustancias naturales o elaboradas que, ingeridas por el hombre, aporten a su organismo los materiales y la energía necesarios para el desarrollo de sus procesos biológicos".

Las biomoléculas y los minerales, también llamados **nutrientes**, además de proveer los componentes necesarios para el crecimiento, son indispensables como fuente de energía.

Para que los podamos utilizar, los nutrientes son degradados en el sistema digestivo hasta obtener moléculas más sencillas, las cuales serán transportadas por el sistema circulatorio hacia cada una de las células. Dentro de éstas, pasarán por una serie de transformaciones (en combinación con el oxígeno, otro nutriente que proviene del proceso respiratorio) que permitirán obtener la energía y el material de construcción de las células. El proceso se denomina **nutrición** y en él intervienen de manera integrada diferentes sistemas de órganos: digestivo, circulatorio, respiratorio y excretor.

La biodisponibilidad de los nutrientes, es decir que puedan aprovecharse para el metabolismo o no, depende de su digestión, su absorción en el tracto intestinal, pero también de su elaboración y su cocción.

Comencemos por ver cuáles son los alimentos que nos aportan los principales nutrientes.



▲ Fig. 7-5. Alimentos ricos en hidratos de carbono.

- Con la información de esta página, revisá el capítulo 4 y armá un cuadro comparativo sobre los principales nutrientes que debemos incluir en nuestra dieta.

■ **Hidratos de carbono.** Los cereales, las frutas, las verduras y los lácteos son una fuente rica en carbohidratos.

La **celulosa** y la **pectina**, presentes en frutas, legumbres, nueces, verduras y cereales, son hidratos de carbono complejos y constituyen las **fibras**. Aunque no las podemos digerir porque carecemos de las enzimas necesarias y tampoco sean estrictamente nutrientes, debemos incorporar las fibras a la dieta porque facilitan la formación y el pasaje de las heces.

■ **Proteínas.** La carne, el pescado, los huevos y los lácteos son fuentes de proteínas animales. Los porotos, el trigo, el maíz y la soja aportan proteínas de origen vegetal.

■ **Lípidos.** Los alimentos de origen animal constituyen la principal fuente de grasas. Las semillas y los frutos secos tienen un alto contenido de aceites.

■ **Ácidos nucleicos.** Cuando consumimos un alimento de origen animal o vegetal incorporamos el ADN que contiene. Luego de la digestión se obtienen las unidades que lo componen: los nucleótidos. Éstos serán los componentes que cada célula utilizará para formar su propio ADN.

■ **Vitaminas.** Son componentes orgánicos que se encuentran en las frutas, las verduras, los lácteos, las carnes y los huevos.

■ **Minerales.** Son componentes inorgánicos, presentes en los lácteos, las verduras, los pescados y las frutas secas.

■ **Agua.** La obtenemos por medio de los alimentos, la bebida y la actividad metabólica.



▲ Fig. 7-6. Alimentos ricos en proteínas.

profundización

Lípidos saturados e insaturados. Los lípidos se pueden clasificar en **saturados e insaturados** según las uniones químicas que tienen los ácidos grasos. Los saturados, como el **colesterol**, deben reducirse en la dieta porque aumentan el riesgo de padecer enfermedades coronarias. Los insaturados, como los **omega 3**, inhiben la acumulación de grasas en las arterias. Además son fundamentales para el buen funcionamiento del sistema nervioso. Se encuentran en el aceite de soja, las frutas secas y el pescado.



Composición química de los seres vivos:
capítulo 6.
Tejido celular liso:
capítulo 6.
Células:
capítulo 6.
Enzimas:
capítulo 4.
Sistema circulatorio:
capítulo 6.
Sistema respiratorio:
capítulo 6.
Sistema excretor:
capítulo 6.

El proceso digestivo

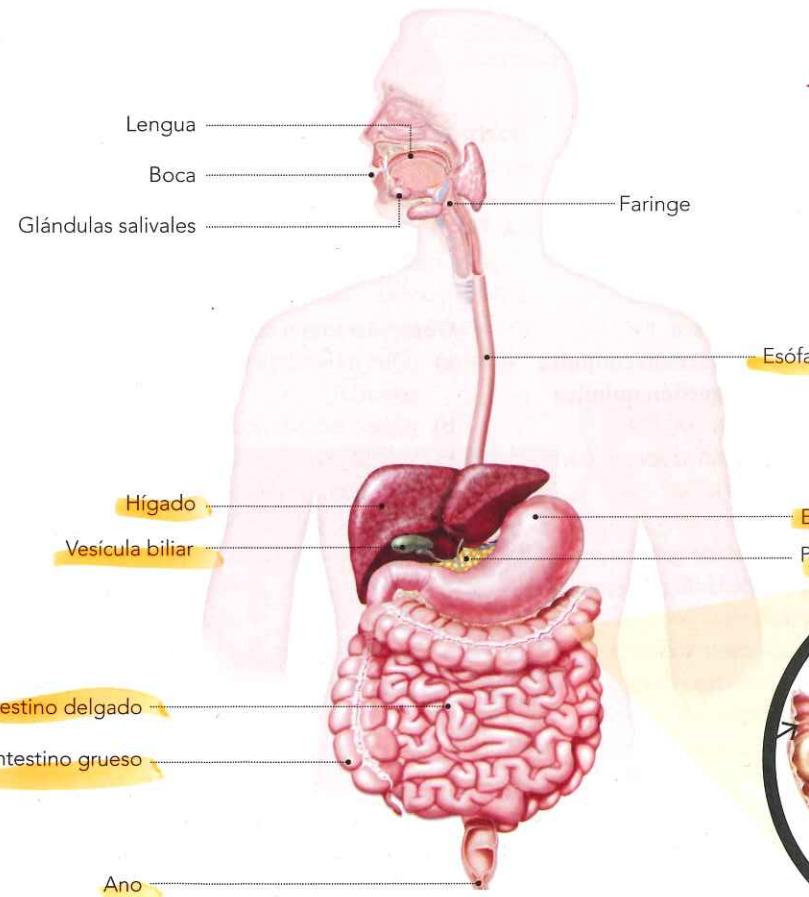
La cena que consumiste anoche está circulando por tu sangre y, claro, ya dejó de ser ese plato que seguramente te hizo "agua la boca". ¿Cuáles son los mecanismos a través de los cuales es posible aprovechar los nutrientes de los alimentos? Como viste, uno de los sistemas involucrados en la nutrición es el sistema digestivo, cuya función es la degradación progresiva de los nutrientes que ingresan con el alimento.

El proceso digestivo involucra diferentes etapas:

- **Ingestión:** incorporación del alimento a la boca.
- **Digestión mecánica y digestión química:** trituración del alimento y transformación de moléculas complejas en moléculas sencillas.
- **Absorción:** pasaje de moléculas sencillas hacia la sangre.
- **Transporte:** las moléculas sencillas circulan por la sangre hacia las células, donde se emplean como material de construcción de nuevas sustancias o como fuente de energía.
- **Egestión:** eliminación de los desechos de la digestión por el ano.

Podemos decir que el sistema digestivo es un **tubo** con un orificio, la boca, por donde se incorporan los **alimentos**, y otro orificio, el **ano**, por donde se **desechan** los **materiales no digeridos**. Desde la boca los nutrientes y otras sustancias atraviesan los demás órganos que componen el tubo digestivo, cada uno de los cuales cumple funciones particulares (figura 7-7). Las **glándulas salivales**, el **páncreas**, el **hígado** y la **vesícula biliar** no forman parte del tubo digestivo, son **glándulas accesorias** que secretan fluidos imprescindibles para la **digestión**. El avance a lo largo del tubo digestivo se produce por la contracción y relajación de la **musculatura lisa** que lo recubre interiormente.

Entonces, a lo largo del sistema digestivo el alimento se degrada por la acción conjunta de la **digestión mecánica**, a través de la **masticación** y de los **movimientos musculares o peristálticos** de los diferentes órganos (figura 7-8), y por la **digestión química** en la que intervienen las enzimas de los jugos digestivos. ¿Cuál es el objetivo de todo esto? Obtener moléculas sencillas que puedan atravesar el tubo digestivo, pasar a la sangre y así llegar a cada una de las células del organismo para que puedan ser utilizadas.



◀ Fig. 7-7. Sistema digestivo.

▼ Fig. 7-8. La onda de contracciones musculares involuntarias permite el avance de los alimentos en sus distintas etapas de degradación por el tubo digestivo.



LAS HOJAS DE HISTORIA Y LA VIDA

Empieza la digestión: la boca

Pensá todo lo que ocurre con un bocado de comida que entra en tu boca. Ya sabés que allí comienza la digestión. Los **dientes** (figura 7-9) cortan y trituran el alimento en fragmentos cada vez menores. ¿Qué se logra con eso? El objetivo es aumentar la superficie de contacto del alimento con la saliva para que puedan actuar las enzimas. Estos dos procesos, **masticación** e **insalivación**, dan comienzo a la digestión.

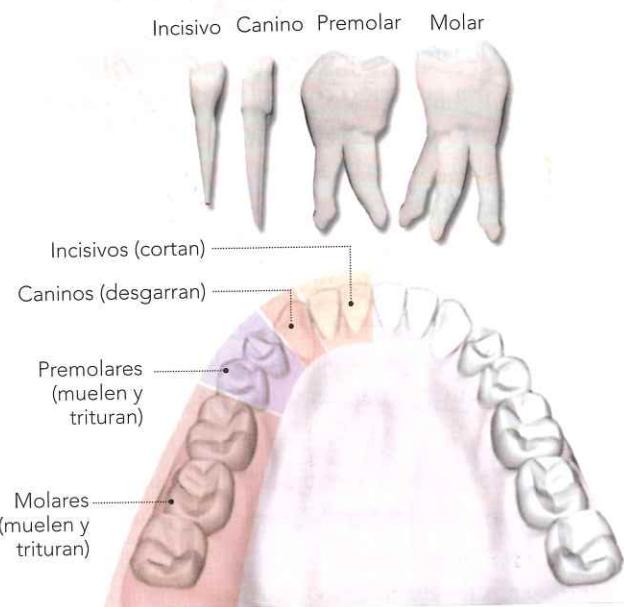
c) ¿Qué tipo de digestión realizan los dientes? ¿Y la saliva?

Las **glándulas salivales** (figura 7-10) secretan saliva

formada, en su mayor parte, por agua y enzimas como la **lisozima** (de acción bactericida), y la **amilasa salival**, que acelera la transformación del almidón en maltosa (un disacárido). Como producto de las transformaciones en la boca se obtiene una masa homogénea bañada en saliva que se denomina **bolo alimenticio**.

La lengua ejerce presión hacia arriba contra el paladar y se repliega hacia atrás; así se activan impulsos nerviosos que desencadenan el **reflejo de deglución**. Al tragar, el bolo alimenticio pasa de la boca, a través de la faringe, al esófago (figura 8-10).

Arcen
Relación entre sistema digestivo, respiratorio y circulatorio



▲ Fig. 7-9. La dentición definitiva, que empieza a los seis o siete años, es de 32 dientes, contando las "muelas de juicio".

c) 3. Realizá la siguiente experiencia para comprobar la importancia de la acción conjunta de la digestión mecánica y la digestión química en el proceso digestivo.

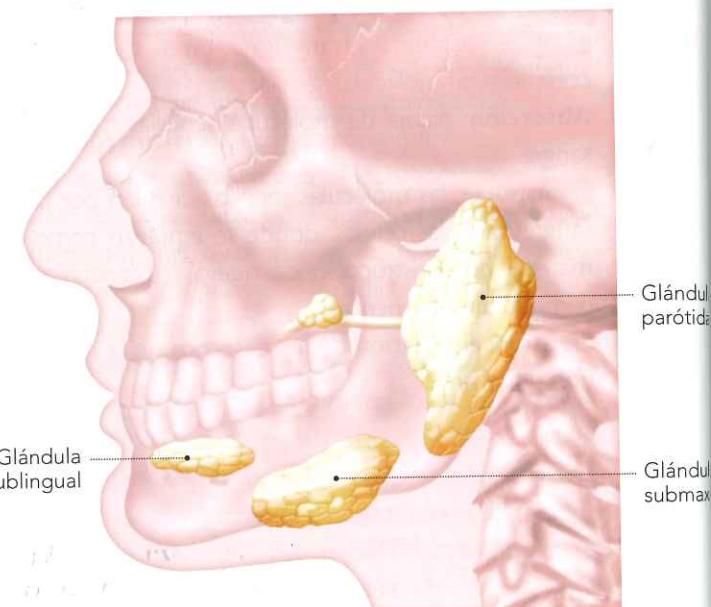
Materiales: un sobre de gelatina sin sabor; un cuchillo; un bol; agua; colorante.

Procedimiento

- 1.º Prepará dos cubos de gelatina sin sabor de 2 cm de lado (podés utilizar una cubetera).
- 2.º Dejá un cubo entero y el otro fragmentalo en ocho cubos pequeños e iguales.
- 3.º Sumergí todos los cubos dentro del bol con agua coloreada.
- 4.º Al cabo de 15 minutos compará la coloración de los cubos.



▲ Fig. 7-11. Trozos de gelatina sumergidos en agua coloreada.



▲ Fig. 7-10. Glándulas salivales.

Observaciones y conclusiones

- a) ¿Qué representan los dos cubos, el entero y el cortado?
- b) ¿Qué cubos se encuentran más coloreados?
- c) Calculá el volumen del cubo entero y la superficie de este cubo en contacto con el exterior.
- d) Calculá el volumen total de los ocho cubos (la suma de los volúmenes de los ocho cubos menores) y la superficie total de los ocho cubos en contacto con el exterior.
- e) Si el cubo está entero o está partido, ¿cambia la superficie total expuesta al medio exterior? Si en realidad tenés en cuenta que cada uno de los cubitos son pequeños cubos enteros y no cubos partidos, ¿cuánto cambió la superficie en relación con el volumen? ¿En qué caso es mayor?
- f) ¿Qué relación podés establecer entre esta experiencia y el proceso digestivo que ocurre en la boca?

¿Qué sucede en el estómago?

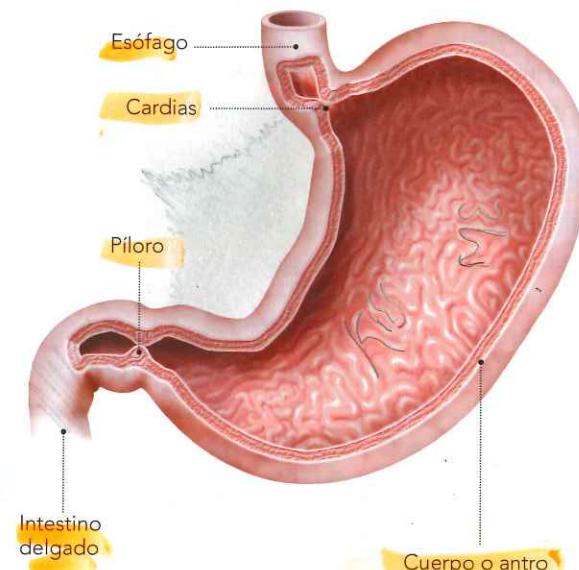
El bolo alimenticio recorre los 25 cm de **esófago** en pocos segundos, empujado por los movimientos peristálticos, y llega al **estómago**. El mucus que recubre interiormente el esófago también facilita el desplazamiento hasta el estómago, donde continúa la digestión.

Observá la figura 7-12. Desde el punto de vista anatómico, en el estómago se distinguen tres zonas: una región que limita con el esófago mediante un esfínter (músculo circular que se cierra y se abre) llamado **cardias**; una región media, el **cuerpo** o **antro**, y el **píloro**, esfínter que comunica con el intestino delgado. La contracción del cardias impide el **reflujo** (regurgitación) del contenido gástrico hacia el esófago por acción de los músculos que se contraen y relajan.

El estómago almacena el alimento de 3 a 6 horas y funciona como una "gran batidora": los músculos gástricos se contraen y relajan mezclando el contenido del estómago y así aumentan la superficie de contacto entre las enzimas digestivas presentes en el **jugo gástrico** y el bolo alimenticio. Como ya sabés, esto facilita la digestión química.

Como el medio ácido es fundamental para la activación de ciertas enzimas del jugo gástrico, la acción alcalina de la saliva debe ser neutralizada. Algunas células de la

mucosa estomacal secretan **ácido clorhídrico** que, además de ser antiséptico, provoca el cambio brusco de pH. Así se activan enzimas como la **pepsina** y la **renina**, que aceleran la transformación de las proteínas en péptidos (oligopéptidos y polipéptidos). Además, el jugo gástrico contiene **lipasas**, que actúan en la digestión de los lípidos.



▲ Fig. 7-12. Estructura del estómago.

Procedimiento

- 1.º Cortá ocho trozos iguales y pequeños de la clara de huevo.
- 2.º Colocá dos trozos en cada uno de los cuatro tubos (rotulados de 1 a 4).
- 3.º Agregá 10 ml de solución de pepsina al 5% al tubo 1.
- 4.º Agregá 10 ml de agua al tubo 2.
- 5.º Agregá 10 ml de solución de pepsina más 5 ml de vinagre al tubo 3.
- 6.º Dejá los tubos durante 24 horas a temperatura ambiente (en lo posible cerca de una ventana que reciba el calor del Sol) o, en caso de tener estufa, a una temperatura cercana a los 36 °C.

Observaciones y conclusiones

- a) ¿Qué sucede en cada uno de los tubos luego de 24 horas? ¿Cómo lo explicarías? ¿Por qué se le agrega sólo agua al tubo 2? ¿Cuál es la función del tubo 4?
- b) Explicá qué proceso se está simulando en el tubo 3.
- c) ¿Qué creés que sucedería si en un tubo se colocara la clara de huevo con vinagre?
- d) ¿Qué biomoléculas se obtienen como producto de la degradación de proteínas?
- e) ¿Por qué es conveniente realizar la reacción a una temperatura de 36 °C? ¿Qué sucedería si se realizara a 10 °C? Justificá tu respuesta.



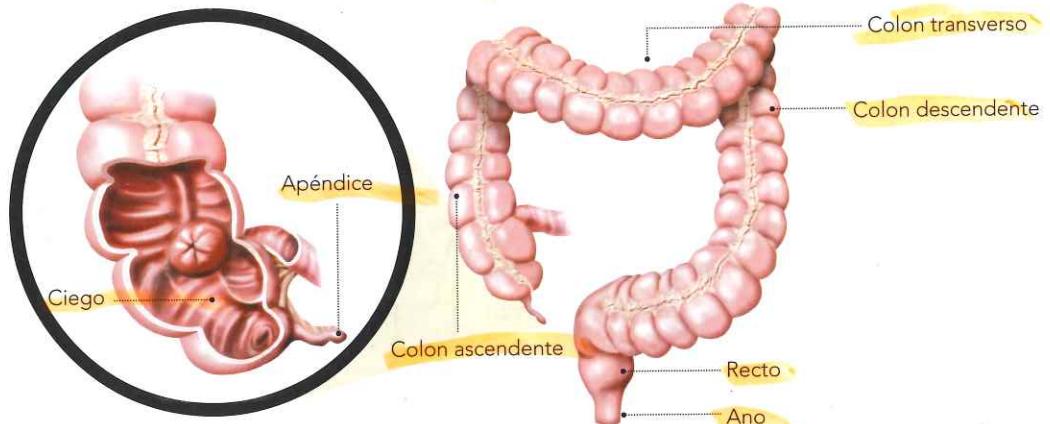
▲ Fig. 7-13. Montaje experimental.

El final de la digestión

¿Todo lo que consumimos con los alimentos puede llegar hasta cada una de nuestras células? No, la digestión no es completa. Parte del material ingerido no puede ser degradado y otra parte, aunque podría ser degradada no se realiza del todo. Estos materiales constituyen los desechos de la digestión y continúan su camino por el **intestino grueso** (figura 7-17). En él pueden diferenciarse cuatro zonas: el colon ascendente, el colon transverso, el colon descendente y el recto.

El **quito** (mezcla resultante en el intestino delgado) que llega al intestino grueso todavía contiene nutrientes. Esto lo aprovechan bacterias como *Escherichia coli* y *Lactobacillus spp.*, que crecen en el colon y forman parte de la **flora intestinal**. Estas bacterias obtienen energía de la degradación de los nutrientes y nosotros nos beneficiamos ya que fabrican vitamina K, indispensable para la coagulación sanguínea.

Diariamente el intestino grueso recibe un litro de quito y de esta cantidad la mayor parte es agua, que se reabsorbe junto con sales y vitaminas. El resto constituye la **materia fecal o heces**. El 75% de las heces está formado por agua y el 25% restante corresponde a sustancias sólidas, en especial bacterias muertas, celulosa, grasas y proteínas no digeridas, materia inorgánica, y células



▲ Fig. 7-17. El intestino grueso mide aproximadamente 1,7 metros.

Gases molestos. El **meteorismo**, aumento de volumen del abdomen por la acumulación de gases, es un problema que suele ser bastante molesto. Los gases se acumulan en el abdomen por la fermentación bacteriana de ciertos alimentos en el intestino y por **aerofagia**, es decir, por tragar aire de manera inconsciente al hablar. Está comprobado que el meteorismo afecta a la gente que come muy apurada, mastica mal y tiene una dieta con un alto porcentaje de hidratos de carbono. Algunas personas padecen meteorismo porque no toleran la lactosa de la leche.

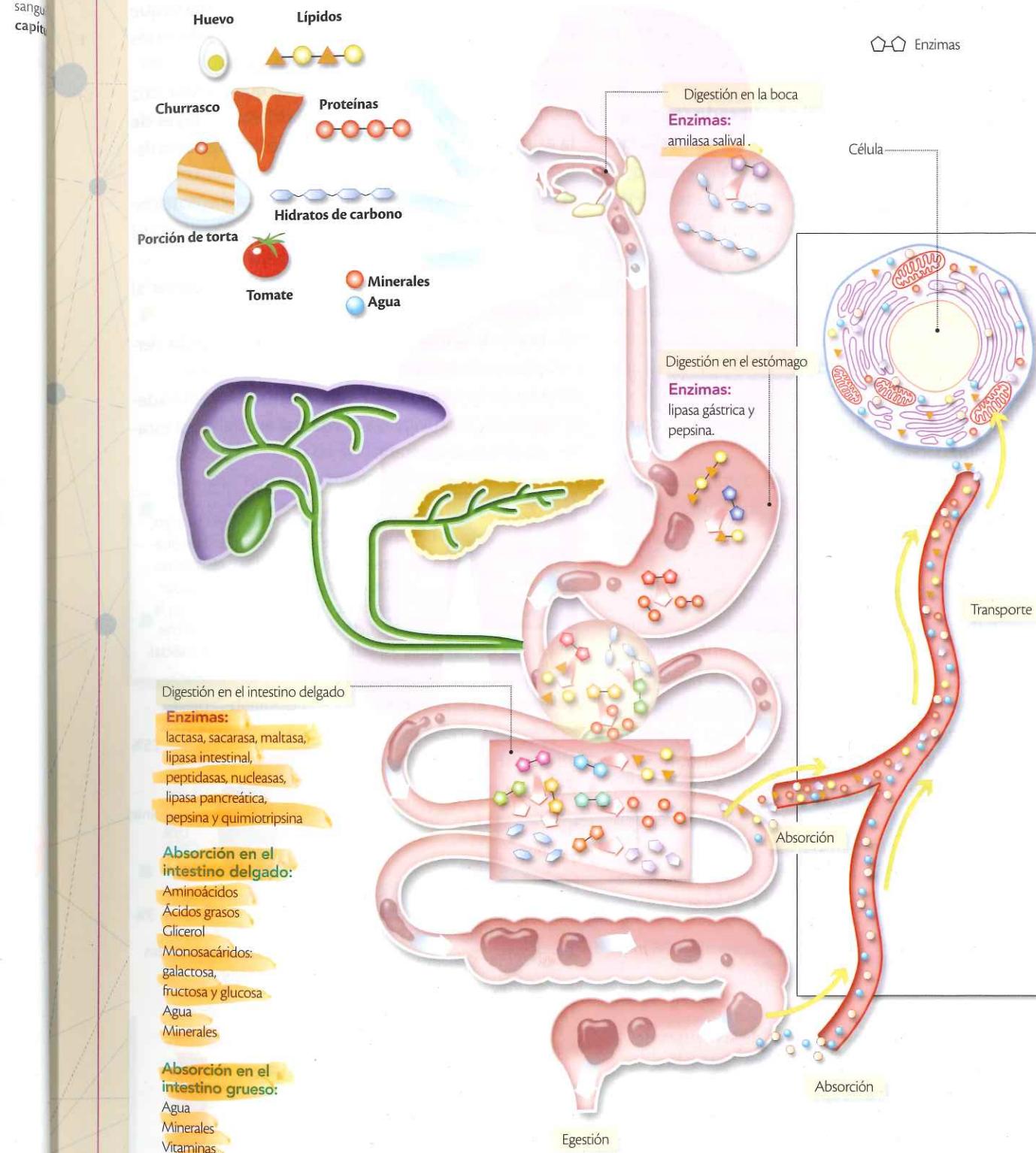
epiteliales desprendidas. Los movimientos peristálticos del colon desplazan la materia fecal hacia el recto, lo que desencadena el **reflejo de defecación** que provoca el vaciamiento del recto y de las partes bajas del colon. Este reflejo no sólo causa el vaciamiento del intestino, sino también la apertura del **esfínter anal**.

En la figura 7-17 podés observar el **apéndice**, vestigio de nuestros antepasados herbívoros, que actualmente no cumple una función en la digestión en los seres humanos.

La figura 7-18, en la página siguiente, resume la digestión estudiada en el capítulo. Incluye el recorrido y las transformaciones de algunos componentes de los alimentos. Tené en cuenta que algunos alimentos contienen más cantidad de ciertos nutrientes y por eso se los llama "alimentos fuente" de ese tipo de nutriente.

Una vez en las células, los aminoácidos serán transportados hacia los ribosomas, donde se sintetizarán nuevas proteínas; los ácidos grasos y el glicerol, hacia el retículo endoplasmático liso, donde se sintetizan los lípidos; la glucosa puede dirigirse al hígado y generar nuevas moléculas de glucógeno, o entrar en las células y participar en la respiración celular. Los nucleótidos se transportarán hacia el núcleo, donde formarán nuevo ADN.

Digestión, absorción y transporte



▲ Fig. 7-18. Representación esquemática y resumida de todo el proceso digestivo.
(Las "cuentas" de colores son representaciones simbólicas de los principales nutrientes y enzimas).

Nutrición y salud

Como estudiaste a lo largo del capítulo, una correcta alimentación es esencial para obtener la materia y la energía que el organismo requiere para construir y reparar tejidos, además de regular los procesos metabólicos. Pero, ¿qué es una "alimentación correcta"? Se trata de un **plan alimentario equilibrado** (también llamado "dieta", aunque no tenga que ver con bajar de peso) que incluye una gran variedad de alimentos que aportan la cantidad adecuada de todos y cada uno de los nutrientes necesarios para el organismo. ¿Pensás que esto es suficiente? No, la dieta debe cubrir, además, las necesidades energéticas de cada persona, de acuerdo con la edad, el sexo, el ejercicio físico y la **tasa de metabolismo basal**. Cuando hablamos de la "tasa de metabolismo basal" nos referimos a la cantidad de energía por kilogramo de peso que gasta una persona en reposo absoluto para mantener sus funciones vitales, como la respiración o los latidos cardíacos.

Y no debemos olvidar que una dieta balanceada *debe estar libre de sustancias que puedan implicar un riesgo para la salud* (por ejemplo, pesticidas o aditivos no permitidos).

Como habrás observado, para medir la energía que consumimos y la que nos aportan los lípidos, los hidratos de carbono y las proteínas presentes en los alimentos se utiliza la **kilocaloría**, que equivale a 1.000 **calorías**. Una caloría es la cantidad de calor necesaria para elevar en un grado centígrado ($14,5^{\circ}\text{C}$ a $15,5^{\circ}\text{C}$) la temperatura de un gramo de agua a presión constante.

Habitualmente se emplea el término "Caloría" (con mayúscula) como sinónimo de kilocaloría. Veamos cuántas kilocalorías aportan los nutrientes, si se degradan por completo en las células:

- 1 g de hidratos de carbono aporta 4,1 kcal.
- 1 g lípidos aporta 9,3 kcal.
- 1 g de proteínas aporta 4,1 kcal.

C 8. El sedentarismo sería una de las causas del exceso de peso, además de que provoca efectos negativos sobre la salud. Justificá esta afirmación a partir de los datos que aporta la figura 7-20.

Fig. 7-20. Gasto energético promedio, por hora y kilo de peso, estimado al realizar distintas actividades.

Observá la figura 7-19. Pensá: si los lípidos aportan más energía que los hidratos de carbono y que las proteínas, ¿por qué no se recomienda una dieta rica en lípidos para obtener suficiente energía? El problema es que los lípidos en exceso pueden acumularse en los vasos sanguíneos y alterar el sistema cardiovascular.

En conclusión, para determinar en qué consiste una dieta sana podés tener en cuenta las llamadas **leyes de la alimentación** elaboradas por el médico argentino Pedro Escudero:

- **Ley de la cantidad.** La cantidad de los alimentos debe ser suficiente para cubrir los requisitos energéticos del organismo. Éstos varían según la actividad.
- **Ley de la calidad.** Los alimentos deben aportar al organismo todos los nutrientes esenciales.
- **Ley de la armonía.** Los alimentos deben guardar cierta proporción entre sí, evitar excesos y/o déficit.
- **Ley de la adecuación.** La alimentación debe adecuarse a la actividad, a la edad, al ambiente, al estado de salud, etcétera.



Pedro Escudero (1877-1963). Luego de recibirse en la Universidad de Buenos Aires, fundó, en 1927, el Instituto Nacional de Nutrición. Sostenía que cualquier afección relacionada con la nutrición debía enfocarse desde tres aspectos: técnico, económico y social.

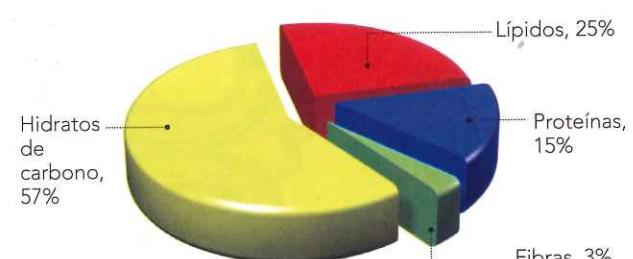
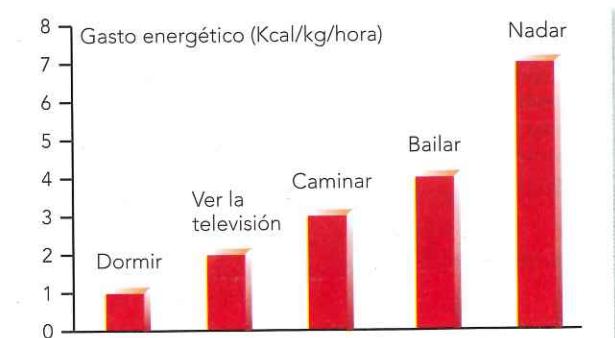


Fig. 7-19. El gráfico muestra las proporciones recomendadas de los nutrientes y de fibras en una dieta equilibrada.



La digestión en los animales

A lo largo de la evolución, el primer cambio que se produjo en la forma de digerir el alimento fue el paso de la digestión **intracelular** (en las esponjas, figura 7-21) a la digestión **extracelular**, es decir, dentro de una cavidad gastrovascular (en los cnidarios, figura 7-22). Luego apareció el tubo digestivo y, posteriormente, su regionalización, lo cual aumentó su eficacia.

Un tubo digestivo básico consta de dos orificios: uno de entrada, o **boca**, y uno de salida, o **ano**. Las regiones entre ambos orificios varían en los distintos grupos animales, así como sus características particulares o adaptaciones. Veamos algunos ejemplos.

- **El buche y la molleja** son ensanchamientos o dilataciones del esófago que presentan animales tan distintos como la lombriz de tierra (figura 7-23) y las aves. El buche sirve para almacenar alimento y la molleja para triturarlo, gracias a las partículas de arena –en el caso de la lombriz– o las piedritas –en las aves– que estos animales tragan.
- En muchos vertebrados (anfibios, reptiles, aves), el tubo digestivo se abre en una **cloaca**, cavidad común para la salida de los conductos digestivo, excretor y reproductor.
- Las arañas presentan digestión externa. Cuando capturan un insecto, por ejemplo, perforan su exoesqueleto, inyectan enzimas digestivas y luego succionan los "jugos", dejando el exoesqueleto prácticamente vacío. Esta adaptación se relaciona con su enorme estómago, con cinco pares de **ciegos gástricos**, ocho de los cuales discurren por el interior de sus patas, en donde se digieren y almacenan los fluidos corporales de sus presas (figura 7-24).
- Los rumiantes (vaca, oveja, cabra) tienen un tubo digestivo largo y más regionalizado que el de otros mamíferos, con cuatro cavidades especiales (figura 7-25). En la **panza** habita una multitud de microorganismos fermentadores (protozoos ciliados y bacterias simbiontes), que digieren la celulosa. El alimento pasa de la panza a la **redecilla**, y de ésta a la boca, donde se vuelve a masticar. Despues pasa al **libro**, al **cuajar** (estómago) y, finalmente, llega al intestino. Los herbívoros no rumiantes, como el caballo, presentan un tubo digestivo largo, un hígado pequeño y un ciego muy desarrollado donde se almacena y fermenta la celulosa que no se ha podido digerir. En este caso, la fermentación no es tan completa como en los rumiantes, ni sus productos tan aprovechados, por estar al final del tubo digestivo.

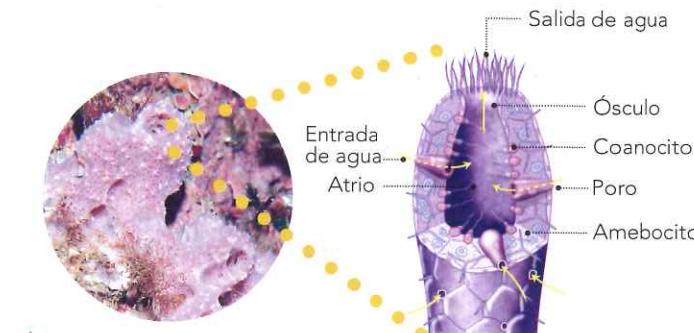


Fig. 7-21. En los poríferos (esponjas), el agua ingresa en la cavidad central o atrio a través de los poros y arrastra partículas microscópicas, que son captadas por células flageladas especializadas (coanocitos), y luego cedidas a los amebocitos (donde se produce la digestión) antes de ser expulsadas por el ósculo.

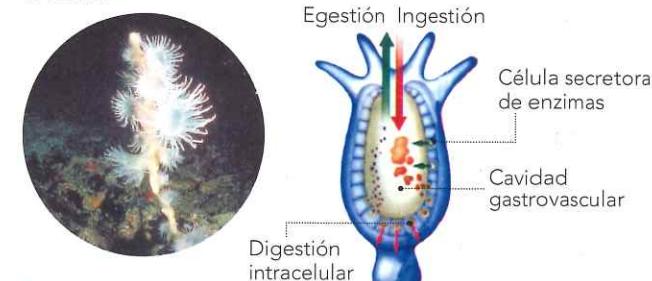


Fig. 7-22. En los cnidarios (corales, anémonas, medusas), la cavidad gastrovascular está tapizada internamente por células especializadas en la secreción de enzimas, que digieren el alimento (digestión extracelular), y otras que fagocitan las partículas semidigeridas (digestión intracelular).

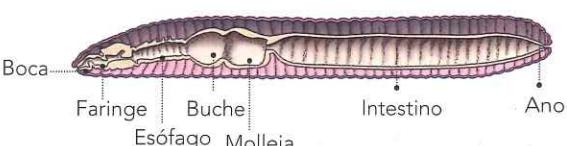


Fig. 7-23. Tubo digestivo de la lombriz de tierra.

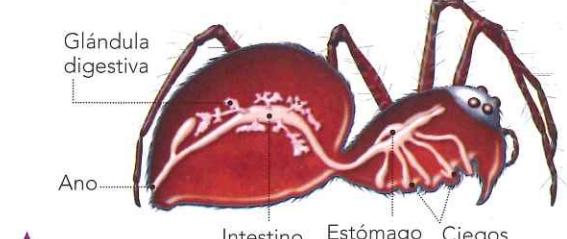


Fig. 7-24. Los ciegos gástricos almacenan los fluidos absorbidos por la araña, quedando así disponibles por largos períodos, incluso meses.

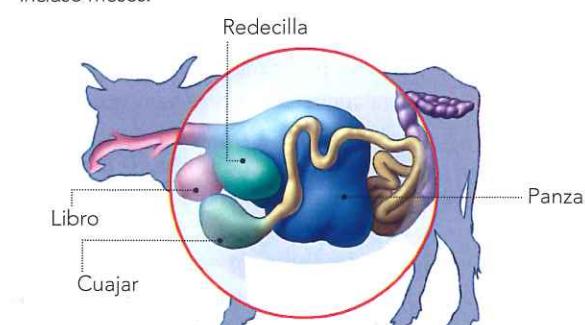


Fig. 7-25. Tubo digestivo de un mamífero rumiante.

Aplicación y análisis

9. Es habitual que se utilicen los términos "alimentación" y "nutrición" como sinónimos. Explicá por qué es un error.

10. Definí los conceptos digestión mecánica o física y digestión química, y explicá por qué la primera favorece la segunda.

11. A continuación se enumeran algunos errores comunes en la dieta de los argentinos, según un artículo periodístico publicado en la Revista *La Nación* el 24 de abril de 2005. Leé cada punto y analizá si tus hábitos alimentarios son correctos y en qué podrías mejorarlos. Compará tus hábitos con los de tu compañero de banco. ¿Cuál de los dos tiene más similitudes con la noticia?

- Saltar el desayuno.
- No incluir una amplia variedad de hortalizas y frutas.
- Consumir poco pescado.
- Dejar de incluir lácteos después de la adolescencia.
- Consumir legumbres sólo cuando hace frío.
- Salar demasiado las comidas.
- Creer que lo *light* es lo mejor para estar en línea.

12. Aunque el término "dieta" suele emplearse como sinónimo de "adelgazar", su significado es más amplio y designa la mezcla de alimentos consumidos diariamente por una persona. Existen dietas que se recomiendan para adelgazar, otras para engordar, hay dietas vegetarianas, y también dietas especiales que deben cumplir quienes padecen determinadas enfermedades. Los envases de muchos alimentos ofrecen información importante para planificar una dieta adecuada. Leé los siguientes textos y resolvé.

La fenilketonuria es una enfermedad metabólica por la cual el aminoácido fenilalanina no puede ser transformado en el aminoácido tirosina. Esto se debe a que los fenilketonúricos no tienen la enzima *fenilalanina hidroxilasa*, responsable de esta conversión. Como consecuencia, la fenilalanina sigue otra vía metabólica cuyos productos finales son tóxicos, afectan la función nerviosa e impiden el desarrollo de las funciones cerebrales. Actualmente, la detección precoz de la enfermedad, mediante un análisis de sangre realizado a los bebés en el momento de nacer, permite evitar este problema. El tratamiento consiste en seguir una dieta baja en fenilalanina; para ello se deben

eliminar la leche, los huevos y la carne e incluir verduras y frutas.



▲ Fig. 7-26. Información en la etiqueta de un edulcorante que advierte sobre la presencia de fenilalanina.

La **enfermedad celíaca** es la intolerancia total y permanente al **gluten** (conjunto de proteínas) que se encuentran en el trigo, la avena, la cebada y el centeno. La proteína contenida en mayor proporción es la *gliadina*. Las personas celíacas nacen sin las enzimas necesarias para degradar la gliadina. Consumir gluten provoca una severa lesión en la mucosa del intestino delgado y un aplanamiento de las vellosidades intestinales, por lo que disminuye la superficie de absorción de nutrientes importantes para el organismo. El único tratamiento para esta enfermedad es una dieta estricta y de por vida y consiste en eliminar los cereales que contienen gluten y los productos elaborados a partir de ellos. Por eso la necesidad de productos rotulados "Sin T.A.C.C." (sin trigo, avena, cebada, centeno).



◀ Fig. 7-27. En esta etiqueta puede verse el símbolo de alimento apto para celíacos. También se indica "Sin T.A.C.C."

- ¿Qué relación tienen ambas patologías con la nutrición?
- ¿Cuál de los siguientes alimentos no es aconsejable que ingiera una persona que padece fenilketonuria y una persona celíaca? ¿Por qué?

**Huevos / pan / zapallo / pastas
carne / tartas / tomate / lechuga**

Organización de la información

13. Completá el siguiente cuadro.

	Jugo digestivo	Nutriente digerido
Boca		Maltosa
		Proteínas
Intestino delgado	Jugo pancreático	Proteasa Amilasa Nucleasas
		Péptidos y aminoácidos Almidón Ácidos grasos y glicerol Nucleótidos

Trabajo de laboratorio

14. Te proponemos interpretar algunas de las transformaciones que ocurren en los alimentos.

Materiales: tres placas de Petri; almidón; migas de pan; solución de Lugol.

Procedimiento

- Rotulá dos placas de Petri (1 y 2). Colocá almidón en la placa 1 y migas de pan en la placa 2.
- Añadí a ambas 5 gotas de Lugol y observá la coloración.
- Masticá un poco de migas de pan durante 2 o 3 minutos.
- Colocá la migas masticada en otra placa de Petri (rotulada como 3) y añadí 5 gotas de Lugol. Observá los cambios en el color.



▲ Fig. 7-28.

Observaciones y conclusiones

- ¿Cuál es el principal componente del pan?
- ¿Cuál es el objetivo de utilizar Lugol?
- ¿Qué resultado obtuviste en las placas 1 y 2 al colocar Lugol? Justificá la respuesta.
- ¿Cuál es el objetivo de masticar el pan?
- ¿Qué producto creés que se obtendrá como resultado de la masticación?

f) ¿Qué coloración se observa en la placa 3? Justificá la respuesta.

15. Realizá la siguiente experiencia para observar un proceso importante en la digestión.

Materiales: una bolsita de celofán o de diálisis (20 cm de largo); agua destilada; cinco tubos de ensayo (uno de ellos más grande); solución de almidón (2%); solución de glucosa (10%); solución de Lugol; reactivo Fehling; hilo de algodón.

Procedimiento

- Atá uno de los extremos de la bolsita con el hilo (comprobá que no haya pérdida de agua).
- Prepará una mezcla de solución de almidón y solución de glucosa en proporciones iguales.
- Verté dentro de la bolsita de celofán la mezcla anterior.
- Atá bien el otro extremo de la bolsa, lava la por fuera, e introduce dentro del tubo grande lleno de agua destilada de manera que cubra la bolsita de celofán.
- Dejá reposar el dispositivo durante 20-30 minutos. Pasado ese lapso, retirá la bolsa del tubo.
- Volcá una fracción del agua del tubo grande en dos tubos de ensayo comunes; en uno de ellos hacé la prueba para comprobar la presencia de almidón (con Lugol) y en el otro la presencia de azúcares sencillos (mediante el reactivo Fehling).
- Realizá las mismas pruebas con el contenido de la bolsa de celofán y anotá los resultados.

Nota: El celofán es una membrana que tiene poros microscópicos que son atravesados sólo por aquellas sustancias que tengan un tamaño suficientemente pequeño.

Capítulo 8

La respiración

ayer



Yo ronco, tú roncas, él se despierta. En el libro *Don Quijote de la Mancha*, escrito a principios del siglo XVII por Miguel de Cervantes, puede leerse: "Finalmente Sancho se quedó dormido al pie del alcornoque y Don Quijote dormitando al lado de una robusta encina, pero poco tiempo había pasado cuando le despertó un ruido que le hizo levantar con sobresalto... era Sancho que roncaba, y así habría seguido perturbando la paz de la noche, si Don Quijote, presto, no lo hubiera despertado".

El ronquido habrá perturbado tus oídos más de una vez, igual que a Don Quijote. Quienes investigan sobre el tema opinan que este sonido, aparentemente inofensivo, acompaña a la especie humana desde tiempos muy remotos, y que apareció en escena cuando nuestros antepasados comenzaron a dormir en posición cíbito-supina, es decir, boca arriba.

A lo largo de la historia, ningún humano ha permanecido ajeno a este particular sonido, motivo por el cual se han inventado técnicas ingeniosas para evitar que las personas ronquen. Algunas de ellas tenían por finalidad fijar la lengua y la mandíbula, para que el paciente no abriera la boca mientras dormía. Otras, en cambio, impedían que el roncador durmiera sobre su espalda; una de ellas, muy graciosa por cierto, consistía en coser una pelota de tenis en la espalda del pijama para forzar al roncador a que durmiera de costado.

Lo cierto es que el ronquido suele convertirse en una verdadera pesadilla para quienes conviven con roncadores; está confirmado que roncar altera la calidad de vida familiar y muy poco tiene que ver con un sueño profundo y reparador, como antes se creía, sino todo lo contrario. De allí la preocupación por encontrar soluciones.



Fuente:
Fernández Julián,
E. "I. Concepto de
ronquido simple"
[en línea]. Roncar.es
[sitio web],
"II. Ronquido simple
o primario". Valencia,
España. Hospital
Clínico Universitario
(2006)
www.ronquidosimple.roncar.es

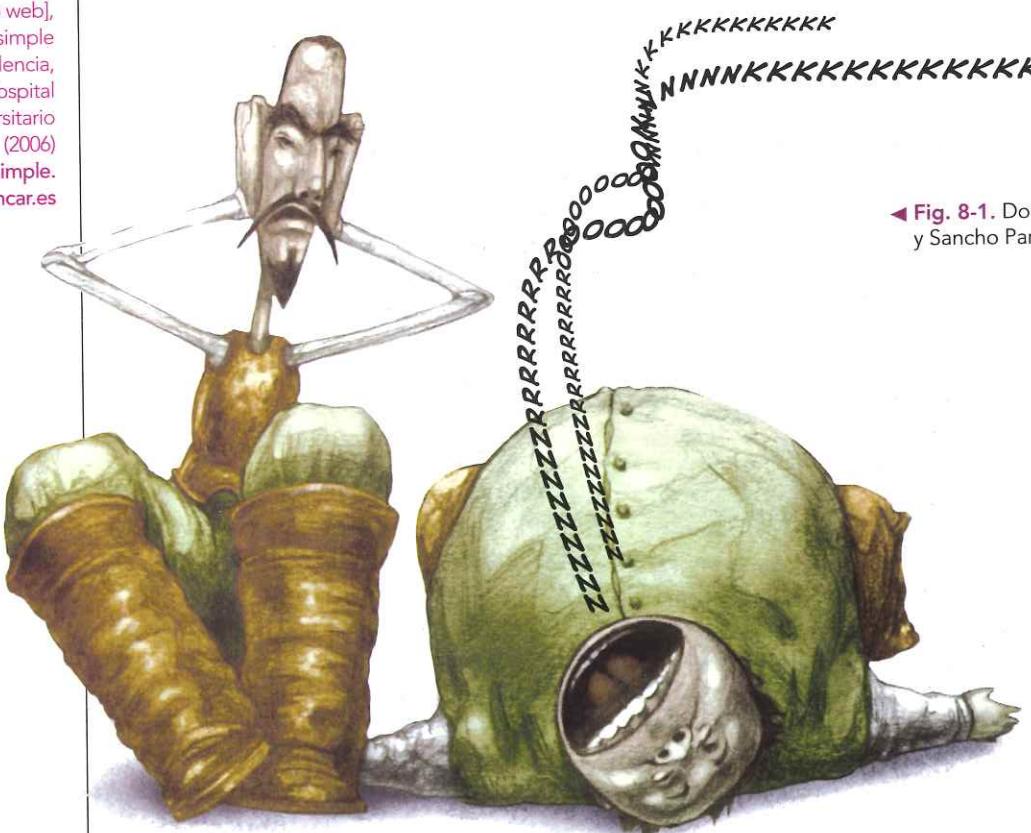


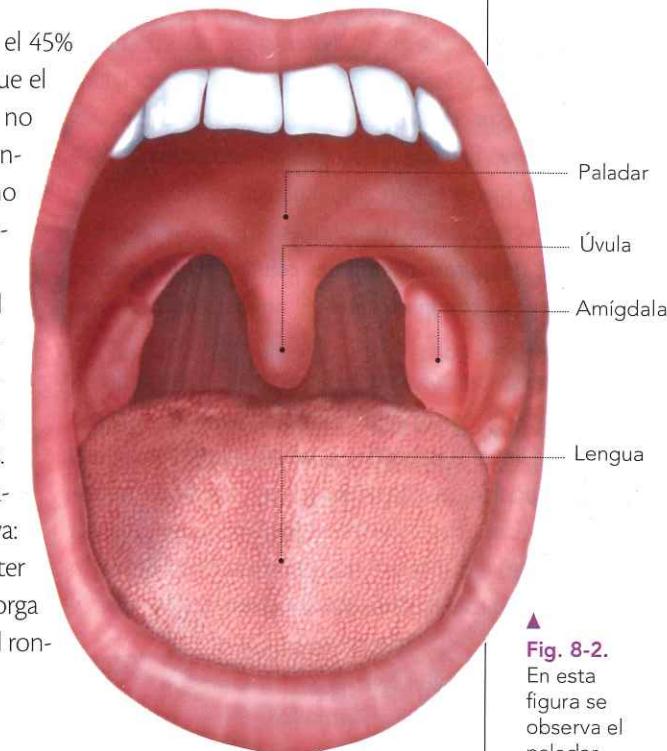
Fig. 8-1. Don Quijote y Sancho Panza.

¿Por qué se produce el ronquido? Se sabe que algunas personas roncan mientras duermen porque durante la inspiración vibran el paladar blando y las amígdalas (figura 8-2). Estas estructuras se mueven porque las vías aéreas superiores están parcialmente obstruidas y, en consecuencia, dificultan el paso del aire hacia los pulmones. La obstrucción provoca "turbulencias" de aire en el segmento anatómico que va desde las fosas nasales hasta la laringe, razón por la cual se genera ese ruido tan molesto.

Las personas que tienen obstruidas las fosas nasales abren la boca para dormir; entonces, la lengua sigue el desplazamiento dorso-caudal (hacia atrás) de la mandíbula, con lo que disminuye el espacio para el paso del aire.

El gran problema de los roncadores –se calcula que el 45% de los adultos normales roncan ocasionalmente y que el 25% son roncadores habituales– es que, además de no descansar lo suficiente, sus células tienen menor cantidad de oxígeno. Y una célula con poco oxígeno no metaboliza de manera correcta y, por lo tanto, no obtiene la energía suficiente.

¿Es posible dejar de roncar? La respuesta es afirmativa, y el tratamiento dependerá del diagnóstico. En algunos casos alcanza con bajar de peso o cambiar la posición durante el sueño; en otros es aconsejable tratar problemas alérgicos que provocan rinitis o extirpar las amígdalas. En el año 2005, en la Universidad de Manheim, Alemania, se ideó una nueva técnica mínimamente invasiva: un implante de tres cilindros de filamento de poliéster en la porción muscular del velo del paladar, que le otorga rigidez e impide su vibración. Todo sea por la salud del roncador y la armonía familiar.



→ hoy

98 99
S 8
Capítulo 8



1. Respondé las preguntas teniendo en cuenta la información de "ayer" y de "hoy".

- En los dibujos animados suelen presentarse personajes que están durmiendo y emiten ronquidos onomatopéyicos. ¿Con qué clase de sueño se asocia el ronquido en estos casos? ¿Es ésta una idea correcta? Justifícá.
 - En nuestro país existe la Asociación Argentina de Medicina del Sueño (AAMSUE). ¿Cuál te parece que será su función? ¿Cómo lo relacionarías con los textos que acabás de leer?
 - Los roncadores crónicos –es decir, aquellos que roncan de manera habitual– suelen tener episodios de apnea. Este término proviene del griego y significa "sin respiración". ¿En qué consistirán estos episodios?
 - ¿Por qué en las células de los roncadores hay menor cantidad de oxígeno?
 - Algunas personas pueden sufrir hasta trescientas apneas nocturnas, y muchas de ellas pasan la mitad de su tiempo de sueño con menor concentración sanguínea de oxígeno que la normal. ¿Qué inconvenientes te parece que tendrán estas personas durante la noche? ¿Y durante el día?
2. En una reciente investigación, la neuróloga Margarita Blanco, de la Fundación Alfredo Thomson del Hospital Francés, halló una relación entre el tipo de cena y los ronquidos. En seis de cada diez pacientes, que habían ingerido hidratos de carbono y pescado, los ronquidos disminuyeron su intensidad. Y en algunos casos desaparecieron. ¿Qué hipótesis formularías para esta observación?

Nutrientes, oxígeno y energía

Como habrás leído en la página anterior, los roncadores tienen menor cantidad de oxígeno en la sangre que las personas que no roncan; esto se debe a que llega menor cantidad de aire a sus pulmones y, por lo tanto, también es menor la cantidad de oxígeno que llega a sus células. En consecuencia, se sienten cansados y fatigados al emprender las tareas que realizan durante el día. Esto nos lleva a la siguiente conclusión: *dormir mal atenta seriamente contra una buena calidad de vida*. Basta un ejemplo como dato revelador: los especialistas en el sueño sostienen que las personas que no han descansado lo suficiente durante la noche y al día siguiente van al trabajo manejando su auto, tienen mayor probabilidad de sufrir accidentes de tránsito.

C ¿Por qué necesitan oxígeno las células? ¿Qué relación tiene este gas con la energía? (Si no lo recordás, revisá el capítulo 5).

Cualquier célula viva, sea de vida independiente o que forme parte de un organismo pluricelular, necesita energía para llevar a cabo todas las reacciones químicas que hacen posible el movimiento, la síntesis de moléculas complejas a partir de otras moléculas sencillas, la división celular, etc., como viste en el capítulo 5. Por lo tanto, *la energía es necesaria para realizar cualquier trabajo celular*.

Cada inspiración, por ejemplo, es posible porque cada una de las células de tu diafragma (músculo abdominal)

se contrae y, al hacerlo, permite el ingreso de aire a tus pulmones. Cuanto más "exigente" sea el trabajo –como subir una escalera, andar en bicicleta, correr o levantar un peso–, mayor será la cantidad de energía que vas a necesitar (figura 8-3).

Ahora bien, ¿qué "estrategias" se ponen en juego en cada una de las células que les permite obtener energía? La clave está en la **respiración celular**, que, como ya sabés, consiste en la oxidación de los nutrientes de los alimentos, principalmente la glucosa –aunque también pueden oxidarse ácidos grasos– en presencia de oxígeno. Mediante este proceso se libera energía, que queda "almacenada" por un tiempo en el ATP. 

Más adelante, en este capítulo, veremos con más detalle este proceso.



Fig. 8-3. Andar en bicicleta, saltar o correr requieren mucha energía y, por lo tanto, "consumen" muchas calorías (unidades en que se mide la energía que tienen almacenada los alimentos).

- C** 3. Una forma de evaluar la cantidad de energía que consume un individuo a lo largo del día es midiendo el gasto energético de manera indirecta, a partir del consumo de oxígeno. ¿Cómo se darán cuenta los investigadores de que la persona en estudio ha "consumido" mucha energía?
4. Teniendo en cuenta lo que leíste en esta página, ¿cómo explicarías la siguiente observación?

Cuando una persona corre o realiza un ejercicio muy intenso, aumenta la frecuencia respiratoria (cantidad de inspiraciones y espiraciones por minuto).

5. ¿Por qué se afirma en el texto que la energía queda almacenada "por un tiempo" en el ATP?

6. Si las células necesitan constantemente ATP, ¿por qué razón éste nunca se termina? ¿Qué hipótesis formularías para la producción de ATP?

profundización 10

El ATP se presenta al mundo. "Una pequeña y hermosa máquina molecular: el motor de la vida. Dependemos de su óptimo funcionamiento para todo nuestro accionar y particularmente para las más complejas funciones intelectuales". Así se refirió el comité que otorgó el Premio Nobel de Química en 1997 a los científicos Paul D. Boyer y John E. Walker, por haber descubierto cómo se sintetiza la adenosina trifosfato (ATP) mediante la enzima ATP sintetasa. Los investigadores trabajaron sobre la forma en que las células del organismo producen, almacenan, utilizan y transfieren energía, demostrando el proceso global del mecanismo energético de la vida. Pero la aparición del ATP en el mundo de la ciencia fue hace varias décadas atrás, cuando en 1953 el Premio Nobel de Medicina le fuera otorgado al profesor alemán Fritz Lipmann, al demostrar que el ATP es el portador universal de la energía química, a través de sus llamados enlaces fosfato ricos en energía.

La respiración en los animales

La mayoría de los seres vivos necesita oxígeno para degradar la glucosa y obtener un alto rendimiento energético. Como producto de esta reacción, se genera dióxido de carbono, que será expulsado hacia la atmósfera. Este intercambio gaseoso se realiza, como seguramente ya sabés, a través del **sistema respiratorio**.

Entre los animales existe una gran diversidad de estructuras respiratorias; las plantas, por su parte, realizan el intercambio gaseoso a través de los **estomas**. Ahora bien, cualquiera que sea la manera en que se incorpore el oxígeno, el destino es uno solo: llegar a las **mitocondrias**, donde se llevará a cabo la respiración aeróbica, tal como lo anticipamos en el capítulo 5 y veremos en detalle más adelante.

Antes de analizar cómo funciona nuestro sistema respiratorio, observemos algunos "modelos" de estructuras respiratorias en los animales que, a pesar de su diversidad, todas cumplen con una condición: *poseer una membrana fina, húmeda y permeable, que permita el intercambio gaseoso*.

Tegumentos. Las lombrices de tierra, los moluscos terrestres y los anfibios (figura 8-4) presentan **respiración cutánea**; por ello, la epidermis se mantiene siempre húmeda por la acción de las glándulas mucosas. Además, está muy vascularizada (rodeada de vasos sanguíneos), por donde circularán los gases respiratorios.



Fig. 8-4. Los anfibios adultos respiran a través de pulmones, del epitelio bucal y de la piel. Según los grupos, en algunos prevalece la respiración pulmonar y en otros, la cutánea.

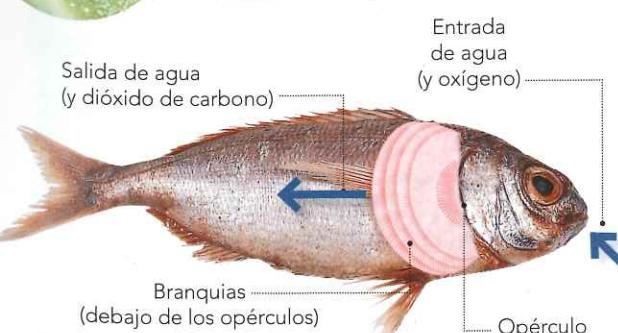


Fig. 8-6. Las branquias internas de los peces captan el 80% del oxígeno disuelto en el agua.

Tráqueas. Son características de los artrópodos terrestres (figura 8-5), como insectos, miriápodos (ciempiés, milpiés) y la mayoría de los arácnidos. Consisten en una red de tubos, reforzados externamente por una capa de quitina (polisacárido que otorga rigidez) y proteínas, llamada **cutícula**, comunicados con el exterior a través de orificios (**estigmas** o **espiráculos**). Las tráqueas se ramifican en conductos cada vez más finos, las **traqueolas**, que están desprovistas de cutícula y terminan en células que se ponen directamente en contacto con todos los tejidos del cuerpo.

Branquias. Son los órganos respiratorios característicos del medio acuático. En los peces (figura 8-6), estas estructuras se alojan dentro de las cavidades branquiales, protegidas por el **opérculo**. (Los peces cartilaginosos no poseen opérculo). El agua, que tiene gases disueltos, ingresa por la boca y baña los **filamentos branquiales** –que están bien vascularizados–, donde se realiza el intercambio gaseoso, y sale por la cavidad branquial cuando se abre el opérculo. Luego, éste se cierra. Otros animales, como los gusanos marinos y los renacuajos (figura 8-7), entre otros, también tienen branquias pero externas.

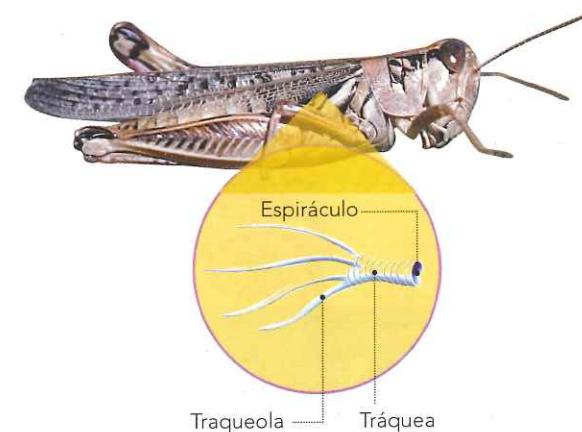


Fig. 8-5. Los insectos, como la langosta, respiran a través de tráqueas.

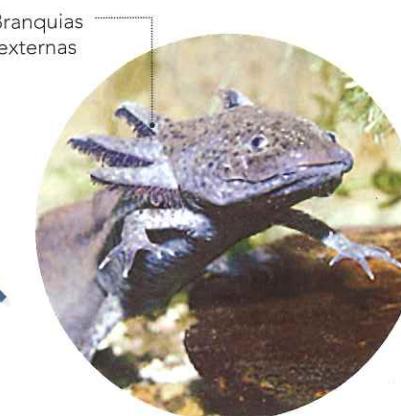


Fig. 8-7. En las larvas de los anfibios, que persiste en los adultos de algunas especies, como es el caso del axolote, la circulación del agua alrededor de las branquias se asegura mediante el movimiento del animal.

El sistema respiratorio humano

Veamos ahora cuáles son los órganos que componen el sistema respiratorio en el ser humano y cuál es la función de cada uno de ellos (figura 8-8).

- **Fosas nasales.** Aquí se humecta, calienta y limpia el aire que ingresa en el cuerpo (figura 8-9). Son dos cavidades separadas por un tabique, tapizadas internamente por una membrana, la **mucosa**, provista de glándulas que segregan una sustancia viscosa y pegajosa: el mucus o moco nasal. Esta membrana, rica en vasos sanguíneos, también se denomina **mucosa roja** para diferenciarla de la **mucosa amarilla**, que contiene los receptores sensoriales que nos permiten percibir los olores.
- **Faringe.** Es un conducto compartido por el sistema respiratorio y el sistema digestivo; por él pasan tanto el aire como los alimentos. La faringe se conecta con otro órgano respiratorio, la laringe, por medio de la **epiglotis** (figura 8-10). Se trata de un cartílago localizado en la garganta, detrás de la lengua y al frente de la laringe, que permite que el aire pase a la laringe y a los pulmones. Cuando tragamos un bocado, la epiglotis se dobla hacia atrás y tapa la laringe, impidiendo que los alimentos lleguen a la tráquea. Después de deglutir, la epiglotis retorna a su posición original.
- **Laringe.** Es un órgano tubular que conecta la faringe con la tráquea. Está constituida por diversas piezas cartilaginosas que se mantienen juntas por ligamentos y músculos. Contiene las **cuerdas vocales**, membranas que vibran al pasar el aire entre ellas durante la espiración y nos permiten hablar.
- **Tráquea.** Es un conducto hueco que se origina en la base de la laringe y termina dividiéndose en dos bronquios. Tanto los bronquios como la tráquea están formados por anillos cartilaginosos que permiten que siempre haya una "luz" (espacio) por donde circule el aire.
- **Árbol bronquial.** Los bronquios penetran en los pulmones y se dividen formando el árbol bronquial. Cada una de sus ramificaciones es cada vez de menor calibre (grosor) y constituyen los **bronquiolos** y los **bronquiolitos**, que culminan en los **alvéolos**.
- **Pulmones.** Son dos órganos esponjosos de forma piramidal cuya base se apoya en el músculo diafragma. Están revestidos por una fina membrana que los protege: la **pleura**. Cada pulmón está formado por millones de alvéolos, los cuales se encuentran rodeados de capilares sanguíneos. Entre los alvéolos y los capilares se realiza el intercambio gaseoso o **hematosis**.

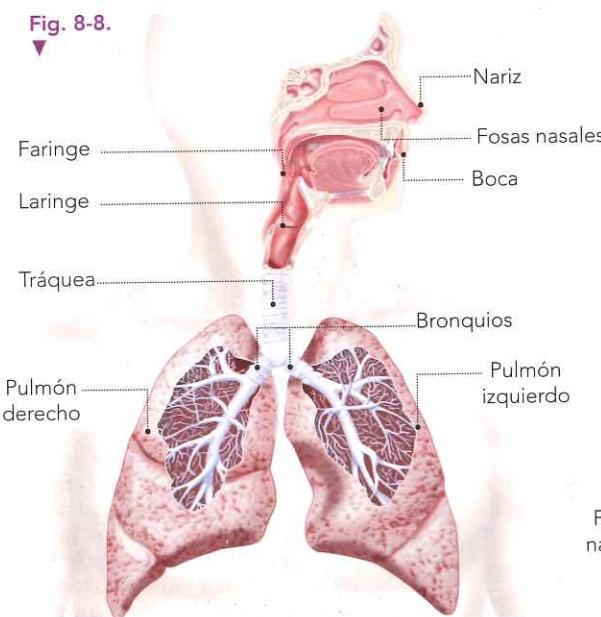


Fig. 8-8. Sistema respiratorio humano.

Fig. 8-9. Corte de nariz donde se observan las fosas nasales. En la región lateral de cada fosa nasal se encuentran los cornetes, que son salientes óseos revestidos de mucosa.

Fig. 8-10. Corte del cuello donde se observa la relación entre los sistemas digestivo y respiratorio: a, la epiglotis permite el paso del aire hacia la laringe; b, la epiglotis impide el paso del bolo alimenticio hacia la laringe.

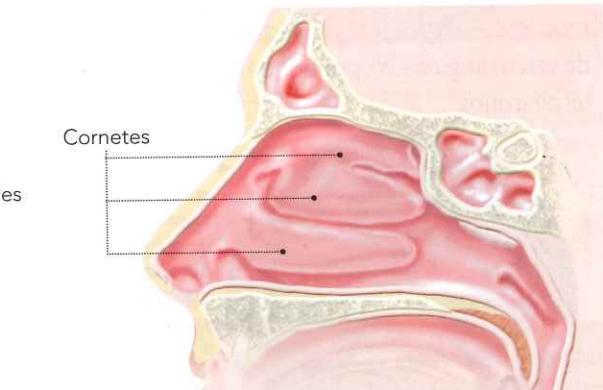
Mucosa amarilla, capítulo Sistema digestivo capítulo

■ **Laringe.** Es un órgano tubular que conecta la faringe con la tráquea. Está constituida por diversas piezas cartilaginosas que se mantienen juntas por ligamentos y músculos. Contiene las **cuerdas vocales**, membranas que vibran al pasar el aire entre ellas durante la espiración y nos permiten hablar.

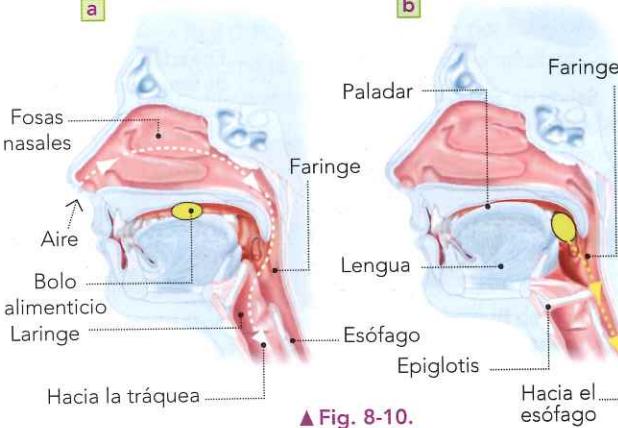
■ **Tráquea.** Es un conducto hueco que se origina en la base de la laringe y termina dividiéndose en dos bronquios. Tanto los bronquios como la tráquea están formados por anillos cartilaginosos que permiten que siempre haya una "luz" (espacio) por donde circule el aire.

■ **Árbol bronquial.** Los bronquios penetran en los pulmones y se dividen formando el árbol bronquial. Cada una de sus ramificaciones es cada vez de menor calibre (grosor) y constituyen los **bronquiolos** y los **bronquiolitos**, que culminan en los **alvéolos**.

■ **Pulmones.** Son dos órganos esponjosos de forma piramidal cuya base se apoya en el músculo diafragma. Están revestidos por una fina membrana que los protege: la **pleura**. Cada pulmón está formado por millones de alvéolos, los cuales se encuentran rodeados de capilares sanguíneos. Entre los alvéolos y los capilares se realiza el intercambio gaseoso o **hematosis**.



▲ Fig. 8-9.

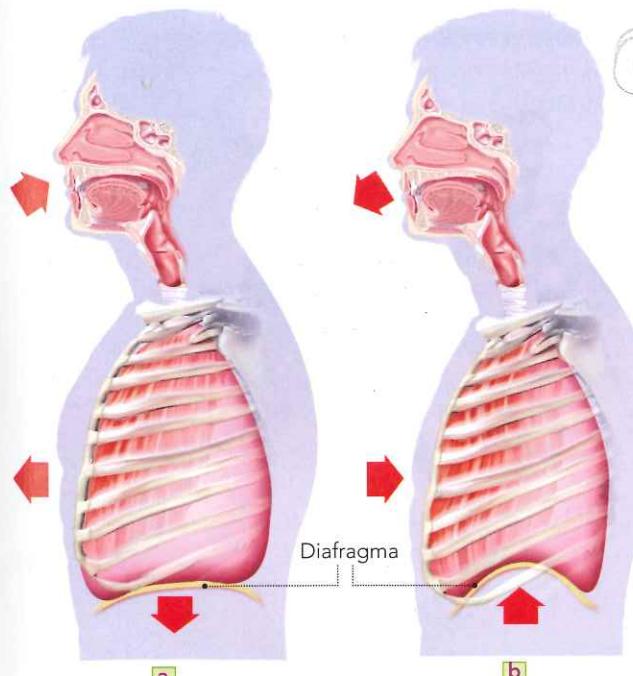


▲ Fig. 8-10.

La mecánica respiratoria

El aire llega al interior de los pulmones a través de las **vías respiratorias** (fosas nasales, faringe, laringe, tráquea, bronquios). Dentro de los alvéolos pulmonares se produce el intercambio gaseoso (hematosis) entre éstos y los capilares que los rodean; este proceso te lo explicaremos con más detalle en la próxima página.

Para que la hematosis se realice de manera eficiente es imprescindible que el aire de los pulmones se renueve constantemente, es decir que la entrada y salida de aire, o **ventilación pulmonar**, se produzca de manera continua. El mecanismo que permite esto se llama **mecánica respiratoria**, y se divide en dos fases: la inspiración y la espiración (figura 8-11).



▲ Fig. 8-11. Mecánica respiratoria: a, inspiración; b, espiración.

7. Observá la figura 8-12 y respondé.

¿Se habrá modificado la frecuencia respiratoria de este atleta durante el ejercicio físico? ¿Y una vez que éste haya terminado? Si fuera así, explica por qué.

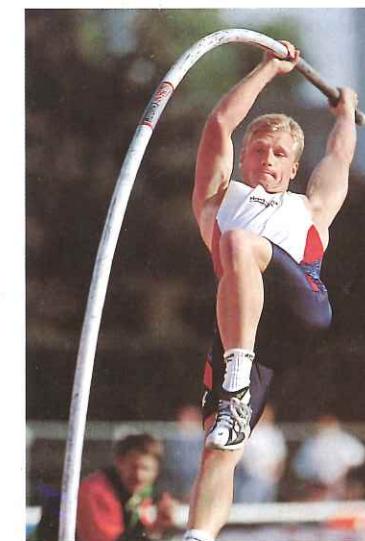
8. ¿Qué relación encontrás entre la mecánica respiratoria y la respiración celular aeróbica?

9. Suponé que tuvieras que medir la modificación del tamaño de la cavidad torácica durante el proceso de mecánica respiratoria. ¿Cómo lo harías?

Inspiración. Durante esta fase se contraen los **músculos intercostales** y el **diafragma**, lo que provoca el aumento del volumen de la cavidad torácica. Como consecuencia de este aumento de volumen, la presión dentro del tórax descende, y es menor que la presión atmosférica. Debido a esta diferencia de presiones entra aire por las vías respiratorias y los pulmones se agrandan (figura 8-11 a).

Espiración. En esta fase se relajan los músculos intercostales y el diafragma, "empujando" a los pulmones. Entonces, la presión de gases en el interior de la cavidad torácica es mayor que la presión atmosférica y, debido a esta diferencia de presión, el aire es exhalado. En este momento, tanto la cavidad torácica como los pulmones disminuyen su volumen (figura 8-11 b).

El ciclo de inspiración y espiración o **frecuencia respiratoria**, en condiciones normales de reposo, se repite un promedio de diecisiete veces por minuto, introduciendo en cada inspiración 500 ml de aire. Una vez que ese aire ha sido expulsado, puede salir otro litro y medio de aire mediante una espiración forzada –llamada **capacidad vital**–, y aún queda aproximadamente otro litro que no puede salir, ni siquiera con esfuerzo; a este volumen de aire se lo denomina **volumen residual**. La suma de todos los volúmenes de aire pulmonar permite establecer la **capacidad pulmonar total**, que se calcula entre seis y ocho litros de aire.



▲ Fig. 8-12. Salto en garrocha.

La hematosis

C Observá la figura 8-13. Explicá por qué la composición del aire inspirado es diferente de la del aire espirado.

Una vez que el aire ha recorrido las vías respiratorias llega a los alvéolos pulmonares, estructuras que constituyen las **unidades funcionales del pulmón**.

Aquí se lleva a cabo la “**respiración externa**” o hematosis, proceso que, como ya dijimos, consiste en el intercambio gaseoso entre los alvéolos y los finísimos capilares que lo rodean.

Para interpretar la hematosis (figura 8-14) es necesario hacer referencia a la estructura conformada por los alvéolos y los capilares, ambos compuestos por paredes muy delgadas, constituidas por una sola capa de células. Esta característica permite que los gases se difundan de manera rápida y eficiente; además, se debe considerar la cantidad de oxígeno y de dióxido de carbono que se encuentra dentro de ambas estructuras, porque *esta diferencia de concentraciones es fundamental para que el proceso de difusión se lleve a cabo*.

- En los alvéolos hay aire rico en oxígeno, que ha ingresado durante la inspiración; por lo tanto, la concentración de oxígeno es mayor en los alvéolos que en los capilares que los rodean, y esto determina que el oxígeno se difunda hacia los capilares.
- Por otro lado, los capilares tienen mayor concentración de dióxido de carbono que los alvéolos, que proviene de la circulación de retorno, producto del metabolismo celular; el dióxido de carbono se difunde, entonces, hacia los alvéolos.

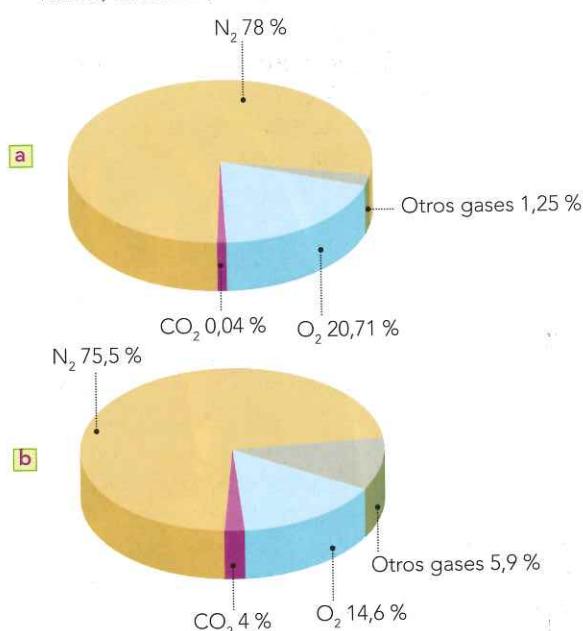


Fig. 8-13. Gráficos que representan la composición del aire inspirado (a) y espirado (b).

La hemoglobina, una proteína muy especial

En la sangre, tanto el oxígeno como el dióxido de carbono son transportados por la **hemoglobina**, proteína presente dentro de los glóbulos rojos. Esta proteína tiene la particularidad de “cargar” los gases respiratorios y “liberar” el oxígeno en las células y el dióxido de carbono en los alvéolos.

La hemoglobina es una macromolécula formada por 574 aminoácidos. La unión del oxígeno con la hemoglobina (HbO_2) depende de la cantidad de oxígeno que haya en la sangre. Cuanto mayor porcentaje de este gas esté disponible, mayor será la presión que ejerza, lo que favorecerá esta unión.

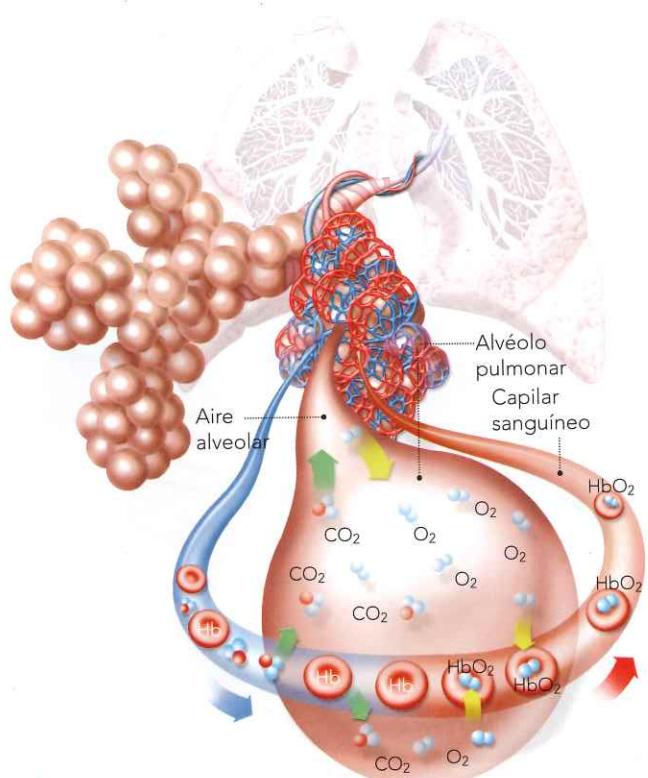


Fig. 8-14. La presión parcial de oxígeno en el aire inspirado (105 mm Hg) es mayor que en la sangre de los capilares alveolares (40 mm Hg). Por tal motivo, el oxígeno se difunde de los alvéolos hacia los capilares. El dióxido de carbono se difunde en sentido contrario al oxígeno, ya que la presión de dióxido de carbono es mayor en los capilares que en los alvéolos.

profundización

Superficie es lo que sobra. ¿Hay suficientes alvéolos pulmonares para la hematosis? Sólo basta con observar las cifras para conocer la respuesta: los capilares alveolares ocupan una superficie de 6.000 m² y rodean a 600 millones de alvéolos, que representan una superficie de 100 m² para el intercambio gaseoso.



En otras palabras: cuando la concentración de oxígeno en el medio externo es alta, como sucede en el aire atmosférico o el alveolar, la hemoglobina lo capta y pasa a hemoglobina oxigenada u **oxihemoglobina**, y cuando la concentración de oxígeno es baja, como sucede en los tejidos internos, la hemoglobina lo libera y pasa a hemoglobina desoxigenada o, simplemente, hemoglobina. Así se transporta el 98% del oxígeno en los vertebrados. El otro 2% se transporta disuelto en el plasma.

La hemoglobina también transporta el 30% del dióxido de carbono. La unión de este gas con la hemoglobina se denomina **carbaminohemoglobina**. El resto de dióxido de carbono se transporta disuelto en el plasma (7%) y en forma de ion bicarbonato, HCO_3^- (63%).

La relación que existe entre la presión parcial de oxígeno y su unión con la hemoglobina se puede representar por medio de una curva, cuyos valores se determinan

experimentalmente, llamada **curva de equilibrio hemoglobina-oxígeno** (figura 8-15). En el gráfico se observa que, en los alvéolos pulmonares, la presión parcial de oxígeno y el grado de saturación de la hemoglobina alcanzan su mayor valor. (El “grado de saturación” es la relación entre la cantidad de moléculas de la oxihemoglobina que hay en un momento dado y la máxima cantidad que podría haber en esas condiciones; suele expresarse en porcentaje).

Resumiendo: una vez que el oxígeno ingresó en los capilares, es transportado a través del torrente sanguíneo por la hemoglobina hacia cada una de las células del cuerpo. Luego, se produce la “**respiración interna**”: el oxígeno ingresa en las células y el dióxido de carbono pasa de las células hacia los capilares. Finalmente, el oxígeno llega a su último destino: las **mitocondrias**, donde se lleva a cabo la respiración celular. De eso nos ocuparemos a continuación.



Fig. 8-15. Curva de equilibrio hemoglobina-oxígeno. En los tejidos, la presión parcial de oxígeno es de 40 mm Hg. Por debajo de 60 mm Hg, el oxígeno se desprende rápidamente de la hemoglobina.

- C 10. La unión de la hemoglobina con el oxígeno es reversible, lo que significa que pueden disociarse. ¿Te parece que esto favorece la respiración celular? ¿Dónde se llevará a cabo esta disociación? Para responder esta pregunta observá la figura 8-15. ¿Qué variables están representadas? Describí cómo se relacionan entre ellas.

profundización

El asesino invisible. Llega el invierno y el **monóxido de carbono (CO)** comienza a cobrar sus primeras víctimas. Este gas incoloro, inodoro e invisible, es uno de los enemigos más temibles de nuestro sistema respiratorio. Cuando un combustible, como el gas de la cocina o de una estufa, no se degrada completamente hasta CO₂ y vapor de agua, se origina CO. ¿Cómo podemos darnos cuenta de que la combustión es completa? Cuando la llama es azulada; si ésta es anaranjada o amarillenta, la combustión es incompleta y en el ambiente hay CO. En ese caso, las personas pueden sentir somnolencia,

pesadez y mareos. Estos síntomas se deben a que la hemoglobina tiene una gran afinidad por el CO, unas 250 veces más que con el oxígeno. Por ello, si en el ambiente hay CO, éste se fija en el mismo lugar que se pondría el oxígeno, formándose la **carboxihemoglobina**, y allí permanece. La hemoglobina queda así inutilizada para el transporte de oxígeno. Es el **envenenamiento por monóxido de carbono**, que puede matarnos por asfixia. Los datos son sorprendentes: sólo el 1% de CO en el aire es suficiente para matar a una persona si lo respira en 5 minutos.

La respiración celular

Luego de un largo recorrido, el oxígeno llega a las mitocondrias, donde participa en la reacción bioquímica clave de la vida: la **oxidación de la glucosa**.

La glucosa es degradada en tres etapas (figura 8-17, en la página siguiente). Las dos primeras (glucólisis y ciclo de Krebs) se llevan a cabo sin la intervención del oxígeno; este gas recién participa en la tercera (cadena respiratoria).

Primera etapa: glucólisis (figuras 8-16 y 8-17). Ocurre en el citoplasma celular. Consiste en una serie de reacciones de fosforilación (adicción de **grupos fosfato**) y de óxido-reducción o redox (en las que una molécula pierde electrones y otra los gana). Cada molécula de glucosa (con seis átomos de carbono, C₆) se “desdobra” en dos moléculas de **ácido pirúvico** (cada una de ellas con tres átomos de carbono, C₃), liberando energía. *La ganancia neta de esta etapa es de dos moléculas de ATP.*

El desdoblamiento de la glucosa libera, asimismo, átomos de hidrógeno, que son "captados" del medio celular por una molécula aceptora de hidrógenos denominada **NAD⁺** (nicotinamida adenina dinucleótido). Al "aceptarlos", se convierte en **NADH**, que participará luego en la última etapa de la respiración celular.

C ¿Qué sucedería con el pH en el interior de la célula si los átomos de hidrógeno permanecieran libres en el citoplasma y no fueran “captados” por las moléculas aceptoras de hidrógeno?

Segunda etapa: ciclo de Krebs (figura 8-17). El ácido pirúvico pasa del citoplasma a la matriz de la mitocondria, donde seguirá degradándose. Allí se une con una coenzima, la **coenzima A (CoA)**, y simultáneamente pierde una molécula de **dioxido de carbono**, CO_2 , originando una molécula de dos átomos de carbono (C2) llamada **acetilo**. Cuando el acetilo se une a la CoA, se forma una nueva molécula: **acetil-CoA**. De esta manera, *cada una de las dos moléculas de acetil-CoA, formada por cada ácido pirúvico, ingresará en el ciclo de Krebs*. La molécula de acetilo vuelve a separarse de la CoA y se combina con el **ácido oxalacético** (C4) para dar origen al **ácido cítrico** (C6). Éste se oxida y pierde una molécula de CO_2 y se origina el **ácido cetoglutárico** (C5). Luego se van produciendo otras oxidaciones, que originan distintas moléculas, hasta regenerar el ácido oxalacético (C4), que se combina nuevamente con la molécula de acetilo para iniciar el ciclo.

El CO₂ producido en esta etapa se libera durante la respiración.

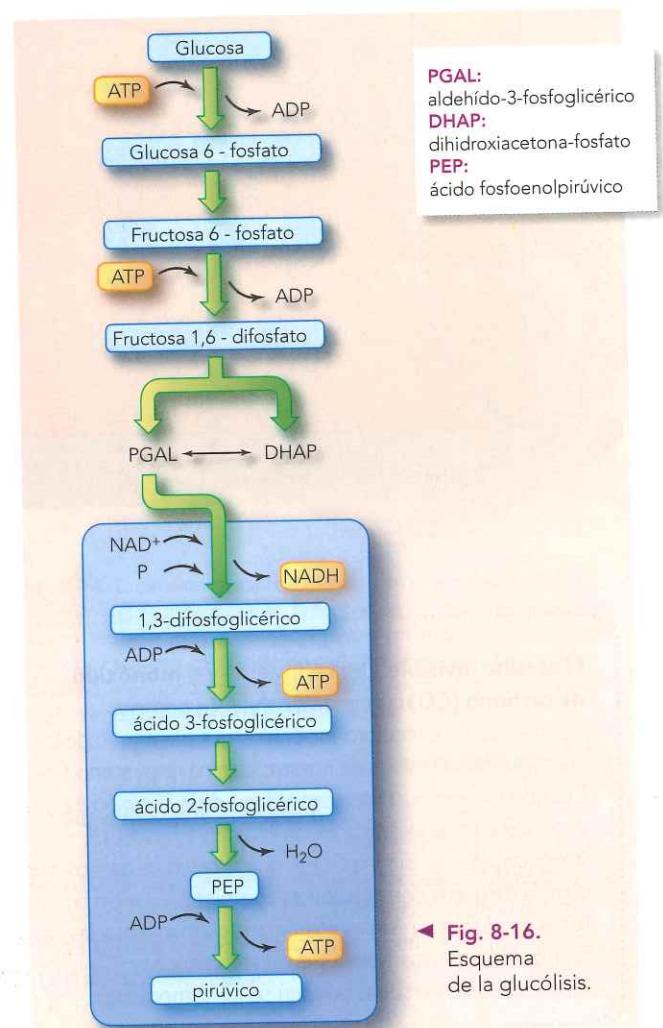
Tanto en la glucólisis como en el ciclo de Krebs, las moléculas se han oxidado, es decir que han perdido electrones,

los cuales han sido aceptados por las coenzimas **NAD** y **FAD** (flavina adenina dinucleótido) para transformarse en **NADH** y **FADH₂**, que luego participarán en la cadena respiratoria. La ganancia energética neta de esta etapa es de dos moléculas de ATP.

Tercera etapa: cadena respiratoria (figura 8-17). Los electrones que perdió la molécula de glucosa y que fueron "captados" por moléculas como el FAD y el NAD, serán transportados por una serie de proteínas que se sitúan en las crestas mitocondriales (**citocromos, coenzima q, flavoproteínas**, etc.), hasta llegar a un aceptor final, el **oxígeno**, O₂, y se forma **agua**, H₂O.

Cuando los electrones se mueven de un transportador a otro, liberan energía, que se utiliza en la formación de ATP, a partir de ADP + P, como viste en el capítulo 5. Este proceso de formación de ATP se conoce con el nombre de **fosforilación oxidativa**. Por cada NADH que ingresa en la cadena respiratoria o “cascada electrónica” se obtienen tres moléculas de ATP y por cada FADH₂, dos ATP.

En la respiración celular se produce una ganancia de 38 moléculas de ATP por cada molécula de glucosa.



La respiración celular aeróbica

información
de ATP:
capítulo

Citoplasma

Mitocondria vista con un microscopio electrónico. Presenta una doble membrana. La más interna tiene pliegues las **crestas mitocondriales**. Su interior se denomina **matriz**.

Proteínas respiratorias:
flavoproteínas (FMN),
coenzima q (CoQ),
citocromo a (Cit. a), etc.

Cadena respiratoria (fosforilación oxidativa)

107

Capítulo 8

20

GANANCIA ENERGÉTICA DE LA RESPIRACIÓN AERÓBICA: 38 ATP

Fig. 8-16. Esquema de la glucólisis.

Fig. 8-17. Esquema representativo de la respiración celular aeróbica.

Aplicación y análisis

11. Relacioná los conceptos de las columnas y abajo ordená la secuencia.

Respiración externa.	Entrada y salida de aire de los pulmones.
Respiración celular.	Intercambio de oxígeno y dióxido de carbono entre el aire de los pulmones y la sangre.
Respiración interna.	Difusión de oxígeno y dióxido de carbono entre la sangre y las células.
Ventilación pulmonar.	Oxidación de la glucosa.

- 1.^o _____
- 2.^o _____
- 3.^o _____
- 4.^o _____

12. En la siguiente lista se enumeran algunos de los procesos que están involucrados en la respiración de los seres humanos. Ordenalos de acuerdo con la forma en que se llevan a cabo durante la inspiración y la espiración.

- Los músculos intercostales y el diafragma se contraen.
- Los músculos intercostales y el diafragma se relajan.
- Aumenta el volumen pulmonar.
- Disminuye el volumen pulmonar.
- Aumenta la presión parcial de oxígeno en el alvéolo pulmonar.
- Disminuye la presión parcial de oxígeno en el alvéolo pulmonar.
- El aire entra en los pulmones.
- El aire sale de los pulmones.

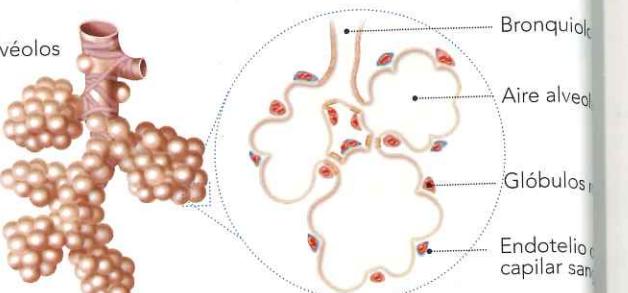
13. Explicá cuál es la razón de la variación de los siguientes datos.

Principales componentes del aire	Aire atmosférico	Aire exhalado por Juan mientras duerme	Aire exhalado por Juan cuando corre
Nitrógeno	78%	78%	78%
Oxígeno	21%	17%	12%
Dióxido de carbono	0,03%	4%	9%

14. Observá la figura 8-18 y respondé las preguntas.

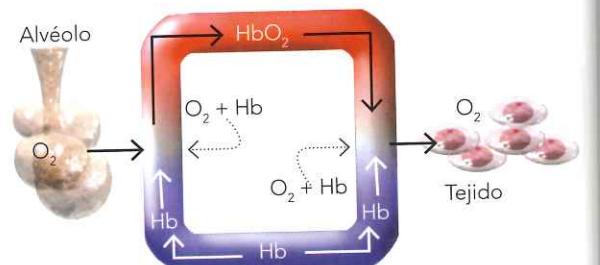
- a) ¿Cómo son las concentraciones de dióxido de carbono y de oxígeno en el aire alveolar respecto de las concentraciones de la sangre?
- b) ¿Qué determinan estas concentraciones?

c) Representá mediante flechas el intercambio gaseoso que se lleva a cabo entre alvéolos y capilares.



▲ Fig. 8-18. Detalle de alvéolos.

15. En la figura 8-19 están representadas la "respiración externa" y la "respiración interna". Redactá un párrafo que lo explique. ¿Qué simboliza el cuadrado?



▲ Fig. 8-19. "Respiración externa" y "respiración interna".

16. Una de estas cuatro ecuaciones es correcta. ¿Cuál? Marca con una cruz. ¿A qué proceso corresponde?

- a) Agua + energía → glucosa + oxígeno + dióxido de carbono.
- b) Glucosa + oxígeno + energía → dióxido de carbono + agua.
- c) Glucosa + oxígeno → dióxido de carbono + agua + energía.
- d) Dióxido de carbono + oxígeno + energía → glucosa + agua.

17. Los científicos sostienen que "la respiración celular es una forma de oxidación controlada". ¿Cómo explicarías esta afirmación?

18. Leé la siguiente experiencia y luego contestá la pregunta:

El agua de cal, una solución de hidróxido de calcio, es un indicador de la presencia de dióxido de carbono en un ambiente acuático. Cuando esta solución toma contacto con el dióxido de carbono, se forma un precipitado de carbonato de calcio que la enturbia.

Si se coloca un sorbete en una solución de hidróxido de calcio y se sopla durante unos minutos, la solución se enturbia.

Si se deja destapado el frasco que contiene esta solución, y nadie sopla, ¿esperás encontrar un cambio de coloración? Justificá tu respuesta.

Organización de la información

19. Respondé las preguntas y luego utilizá la información que te brindan las preguntas y las respuestas para realizar un mapa conceptual.

- a) ¿Cuánto oxígeno se consume en la glucólisis?
- b) Si una célula carece de glucosa, ¿puede seguir respirando? Justificá tu respuesta.
- c) El número de mitocondrias que tiene una célula muscular, ¿es mayor que el de una célula epitelial? Justificá tu respuesta.

20. Utilizando los términos que figuran en la lista, diseña un cuadro comparativo entre las etapas de la respiración aeróbica. Entre las características para comparar tené en cuenta: las sustancias iniciales de cada etapa, los productos obtenidos y el lugar donde se llevan a cabo.

NAD / ciclo de Krebs / dióxido de carbono / glucosa / ATP / piruvato / FADH₂ / citoplasma / oxígeno / acetil-CoA / glucólisis / NADH / matriz mitocondrial / H₂O / crestas mitocondriales

Opinión y debate

21. Leé la siguiente información y luego resolvé las consignas propuestas.

En el año 2006 habrás leído en el diario la noticia sobre la ley antitabaco, que propone que sólo se podrá fumar en la casa o en la calle. Esta ley parte de una iniciativa del Ministerio de Salud de la Nación, que impide fumar en lugares públicos y cerrados, y no prevé la habilitación de áreas para fumadores. También prohíbe la publicidad de cigarrillos en la vía pública y en otros medios de comunicación como la radio y la televisión. Además, obliga a las compañías tabacaleras a colocar las advertencias antitabaco en los atados de cigarrillos, que deben ser visibles y ocupar el 30% del paquete.

Cuando la ley hace referencia a lugares públicos incluye bares, restaurantes, shoppings y, por supuesto, lugares de trabajo.

Otra iniciativa importante es la prohibición de la venta de cigarrillos a menores de 18 años. Ante

tantas prohibiciones amerita preguntarse: ¿cuál es el objetivo de esta ley? En realidad, su objetivo es muy pretencioso: lograr que disminuya la cantidad de fumadores y que la gente tome conciencia de que en la Argentina mueren 40.000 personas al año por causa del cigarrillo y de éstas, 6.000 son fumadores pasivos.

Los componentes del cigarrillo son muy nocivos para la salud y, sobre todo, para la salud del sistema respiratorio. El alquitrán, por ejemplo, es un residuo de la combustión del tabaco que se elimina con el humo y está relacionado con el cáncer de pulmón. Esta sustancia se deposita en los alvéolos impidiendo que el proceso de hematosis se lleve a cabo de manera eficiente.

La nicotina, por otra parte, provoca el aumento de la frecuencia cardíaca y la presión arterial. El monóxido de carbono es otro de los residuos tóxicos, al que se lo suele denominar "el asesino invisible".

Los especialistas en la salud han comprobado que tanto los fumadores activos como los pasivos son víctimas de los efectos nocivos que produce la combustión del tabaco. Entre estos efectos, que afectan directamente el sistema respiratorio, podemos mencionar la neumonía, el asma y la bronquitis.

En los casos más severos, los fumadores pueden sufrir EPOC (enfermedad pulmonar obstructiva crónica), que se manifiesta por medio de bronquitis permanentes, tos constante y enfisema pulmonar.

El enfisema pulmonar produce dificultad al respirar porque el pulmón se va deteriorando progresivamente y de manera irreversible. El enfisema está caracterizado por la pérdida de la elasticidad pulmonar y la destrucción de los alvéolos, así como también de los capilares que los rodean.

a) Discutan en clase los objetivos y los alcances de la ley antitabaco. ¿Creen que las medidas previstas resultarán efectivas para disminuir la incidencia y los riesgos de esta adicción tan extendida? Fundamenten sus respuestas.

b) En grupo, preparen un afiche o folleto destinado a la prevención del tabaquismo.

c) Resumí en tu carpeta los principales efectos del tabaco en el organismo, especialmente aquellos vinculados con el sistema respiratorio.

d) Explicá cuáles son las causas de las siguientes observaciones:

- El no fumador tiene un 2% de carbaminohemoglobina en la sangre, y el fumador, tasas que superan el 8%, y suelen llegar al 12 y 14%.
- Las personas fumadoras se agitan demasiado cuando corren.

Capítulo 9

La circulación

ayer



¿Sangre roja o sangre azul? Los colores ocupan un lugar muy importante en nuestra vida. Distintos pueblos, a lo largo de su historia, les han otorgado los más diversos significados. El color azul, por ejemplo, representa la pureza en la tradición judeocristiana, mientras que en los países anglosajones como los Estados Unidos, se lo asocia con la melancolía (justamente de su nombre en inglés *blue* proviene el ritmo lento del blues).

Este color también ha formado parte de algunos mitos. Seguramente, más de una vez habrás oído hablar del príncipe azul, pero ¿por qué los príncipes son azules y no verdes o amarillos? Parece que en la Antigüedad los plebeyos creían que por las venas de la realeza circulaba sangre de color azul. ¡Sí, leíste bien!

Existen varias versiones que intentan explicar esta observación. Una de ellas sostiene que los nobles tenían su sangre intoxicada con plata porque ingerían partículas de este metal cuando comían con cubiertos fabricados con este material. Con el tiempo, su piel tomaba un color grisáceo debido a la acumulación de plata en la sangre y, como consecuencia de esto, las venas se veían más azules. Otra explicación sostenía que como los nobles no salían al campo a trabajar, tenían la piel más pálida y a través ella se veían más azules las venas. Por el contrario, la gente del pueblo que trabajaba en el campo, como los campesinos, tenían la piel tostada y curtida por el Sol, motivo por el cual no se veían con tanta claridad sus venas.

¿Existe la sangre azul? En realidad, como veremos más adelante, el color de la sangre que circula por las venas del común de los mortales no es azul. Pero, aunque no lo creas, otros seres vivos, para envidia de la realeza, tienen su sangre tan azul como el cielo.



Fig. 9-1. El color azul de las venas superficiales de los nobles se diferenciaba claramente del color tostado de los campesinos.

110

111

Capítulo 9

Príncipes de sangre roja y "locos" de sangre azul. Como ya te contamos, la sangre de la mayoría de los seres vivos no es azul; sin embargo, como toda generalidad, ésta también tiene su excepción. En el sur de las costas de Chile habita un molusco cuyo nombre científico es *Concholepas concholepas*. Por el sistema circulatorio de este caracol, conocido por los lugareños como "loco", circula un fluido de color "azulino". Dicho fluido, la **hemolinfa**, está compuesto por agua, sales, proteínas, células en suspensión y un pigmento respiratorio llamado **hemocianina**. Este pigmento es una cromoproteína que, al igual que la hemoglobina presente en los glóbulos rojos, transporta oxígeno; pero, si bien sus funciones son similares, su estructura molecular es muy diferente. A diferencia de la hemoglobina, que contiene hierro, la hemocianina posee átomos de cobre, motivo por el cual su coloración es azul y no roja como la sangre.

Cuando la hemocianina se combina con oxígeno, el cobre cambia su estado de oxidación y forma un compuesto llamado óxido cúprico que le confiere un color azul intenso; por el contrario, cuando la hemocianina no transporta oxígeno, el cobre permanece en estado cuproso y adquiere un color azul grisáceo.

En los últimos años la hemocianina se ha convertido en "aliada" de la biotecnología porque se utiliza en el estudio del sistema inmunológico de los mamíferos. Cuando un mamífero es inyectado con pequeñas dosis de hemocianina, éste desencadena una respuesta inmunológica. Por esta razón se dice que las hemocianinas son "inmunoestimulantes", propiedad que las hace un material invaluable para desarrollar una variada gama de productos, tanto para la salud como para las investigaciones en biomedicina.

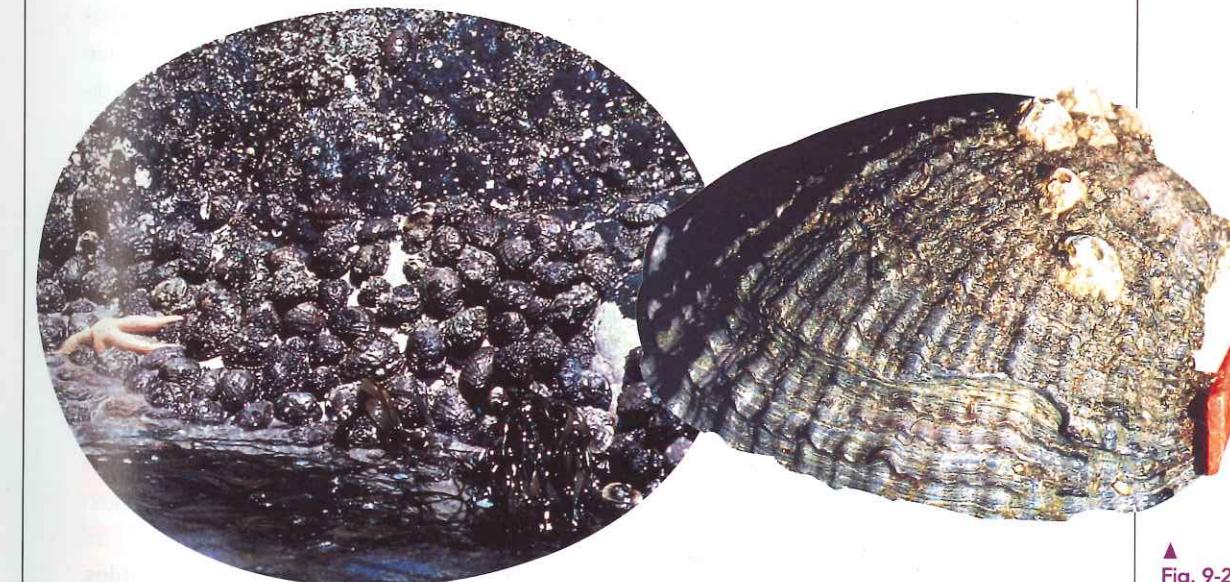


Fig. 9-2.
Concholepas concholepas, molusco que habita en las costas chilenas.



1. Respondé las preguntas teniendo en cuenta la información de "ayer" y de "hoy".

- De qué color se representa la sangre que circula por las venas en los libros de biología? ¿Y la sangre que circula por las arterias? ¿Te parece que es una coloración apropiada?
- Por qué las venas parecen llevar sangre azul?
- Si tuvieras que realizar un esquema de las arterias y venas de *Concholepas concholepas*, ¿de qué color las pintarías? Justificá tu respuesta.
- Por qué los investigadores llamaron hemocianina a la proteína presente en la hemolinfa del molusco *Concholepas concholepas*? (Pista: el nombre está relacionado con la escala cromática).
- Por qué razón a la hemoglobina y a la hemocianina se las denomina cromoproteínas? ¿Qué semejanzas y diferencias existen entre ellas?

La sangre

Si leíste con atención la apertura de este capítulo te habrás dado cuenta de que hace referencia a **una de las funciones de la sangre: el transporte de oxígeno**. Pero, como ya sabés, la sangre también transporta glucosa, hormonas, proteínas, y otros productos metabólicos como el dióxido de carbono y la urea. Ahora bien, ¿qué características tiene la sangre que le permiten llevar a cabo estas funciones? En primer lugar, como viste en el capítulo 6, **la sangre es un tejido que se presenta en estado líquido**; esto se debe a que las células están muy separadas entre sí, suspendidas en abundante sustancia intercelular: el **plasma**. El plasma es el componente líquido de la sangre y representa el 55% del volumen sanguíneo total; es de color amarillento y está constituido por diferentes sustancias orgánicas e inorgánicas. Entre las primeras se encuentran la glucosa, los ácidos grasos y los aminoácidos que fueron absorbidos durante el proceso de digestión por las vellosidades del intestino delgado. Entre las sustancias inorgánicas están el agua y las sales de sodio, calcio y potasio. El plasma también contiene **albúmina**, una proteína que participa en el transporte de lípidos; las **globulinas**, proteínas que intervienen en el sistema inmunitario, y el **fibrinógeno**, una proteína que participa en el proceso de la coagulación sanguínea que estudiaremos más adelante.



Fig. 9-3. a, Sangre en reposo; b, elementos figurados de la sangre vistos con el microscopio electrónico de barrido.

El tejido sanguíneo es viscoso y equivale al 8% del peso corporal, lo que significa que una persona que pesa 70 kg tiene, aproximadamente, 5,5 litros de sangre.

Observá la figura 9-3. Si la sangre de una persona se deja en reposo, al cabo de unos minutos se separa en dos partes: una superior, el plasma, y un sedimento de aspecto más denso constituido por los denominados **elementos figurados** de la sangre: glóbulos y plaquetas.

Eritrocitos, hematíes o glóbulos rojos: transportan oxígeno y dióxido de carbono. Son las células más abundantes de la sangre, tienen forma de disco bicóncavo y miden entre 7 y 8 μ (micrones) de diámetro. En su estado maduro, cuando contienen suficiente hemoglobina carecen de núcleo, retículo endoplasmático, aparato de Golgi y mitocondrias. Se originan en la médula ósea roja de los huesos largos. Tienen una vida media de 120 días, luego van hacia el bazo y hacia el hígado en donde se produce la **hemólisis** (destrucción de los glóbulos rojos). La cantidad de eritrocitos normal por mm^3 de sangre es de 4 o 5 millones; sin embargo, esta cifra puede variar según el peso, la edad y el lugar geográfico donde vive cada persona. Carecen de "medios de locomoción" propios (cillas, flagelos), por lo que son trasladados por la corriente sanguínea hacia los diferentes lugares del cuerpo.

Leucocitos o glóbulos blancos: intervienen en la **defensa del organismo**. Tienen núcleo, mitocondrias y demás organelas. Su tamaño oscila entre 8 y 20 μ . Se originan en la médula ósea roja y en el tejido linfático. Hay un leucocito por cada 700 eritrocitos y lo normal es tener entre 6.000 y 7.000 glóbulos blancos por mm^3 . Pueden salir de los vasos sanguíneos a través de un mecanismo llamado **diapédesis**, por medio del cual emiten prolongaciones de la membrana y se origina un pseudópodo que les permite el desplazamiento. Existen cinco variedades de leucocitos, cada una con una función en particular: **neutrófilos, eosinófilos, basófilos, monocitos y linfocitos**.

Plaquetas: intervienen en el proceso de cicatrización de las heridas. De ellas nos ocuparemos en la próxima página.

c. 2. ¿Qué hipótesis formularías para la siguiente observación?

Si se realiza un examen de sangre a una persona que vive a 3.500 m de altura, donde la presión parcial de oxígeno en la atmósfera es menor, el número de glóbulos rojos por mm^3 de sangre es mayor que el de una persona que vive a nivel del mar.

La coagulación sanguínea

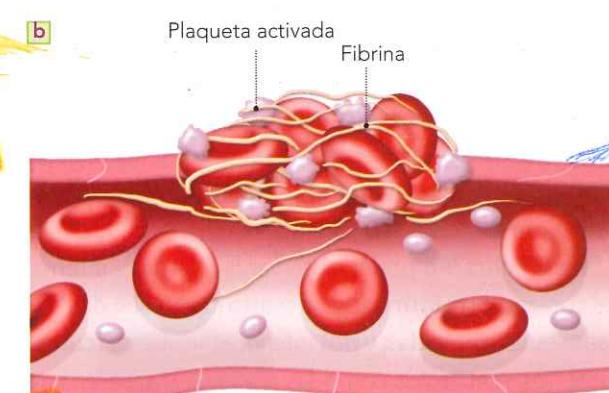
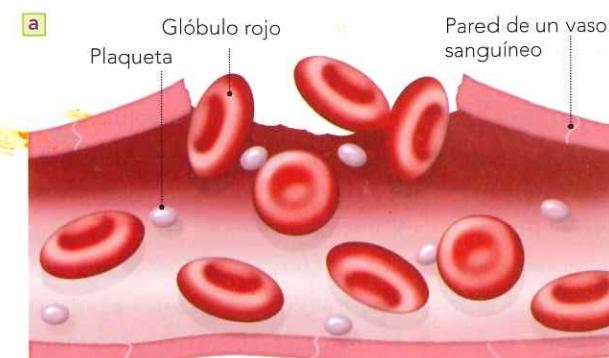
A diferencia de los glóbulos rojos y blancos, las plaquetas no son células sino fragmentos de células más grandes, los **megacariocitos**. Las plaquetas carecen de núcleo y organelas y su tamaño oscila entre 2 y 5 μ . Viven aproximadamente 10 días y su cantidad varía entre 150.000 y 350.000 por mm^3 de sangre. **La principal función de las plaquetas es evitar la pérdida de sangre por hemorragias** y, de esta forma, mantener el volumen sanguíneo constante.

¿Qué sucede entonces cuando hay una lesión o una herida con pérdida de sangre? Las plaquetas se "apelotonan" y obstruyen el vaso sanguíneo dañado. Luego liberan proteínas que actúan como "una tela de araña" atrapando las células sanguíneas y provocando la formación de un tapón o coágulo. Este mecanismo, que evita la pérdida de sangre, se llama **coagulación** (figura 9-4).

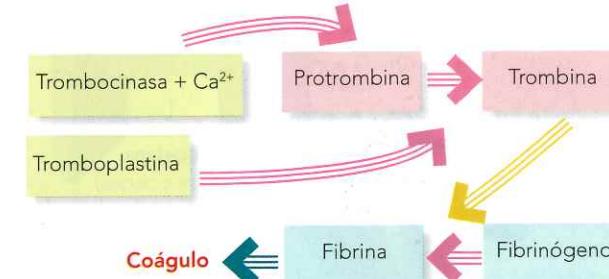
Pero el proceso no es tan sencillo; en él interviene una serie de reacciones bioquímicas encadenadas unas con otras; por eso, para referirnos al proceso de coagulación, hablamos de una "cascada de pasos".

Se conocen más de cuarenta **factores de coagulación**; algunos de ellos son: la protrombina, el calcio y el fibrinógeno, que se encuentran en el plasma y la tromboplastina, liberada por las plaquetas una vez que el vaso sanguíneo se ha dañado. La figura 9-5 representa de manera muy resumida (ya que los factores que intervienen son muchos otros además de los mencionados) una serie de reacciones encadenadas que culminan con la formación del coágulo resistente y que se detallan a continuación.

- A partir de la lesión y la formación del tapón plaquetario se libera la enzima **trombocinasa**. Esta enzima junto con los **iones calcio** (Ca^{2+}) activan el primer factor de coagulación: la **protrombina**. Por otro lado, las plaquetas liberan **tromboplastina**, que favorece la transformación de protrombina en **trombina**.
- La trombina actúa como enzima y acelera la transformación de **fibrinógeno** en **fibrina**. La unión de varias moléculas de fibrina determinan la formación del **coágulo**.
- Los filamentos de fibrina "atrapan" los eritrocitos y leucocitos, proceso que le confiere mayor rigidez al coágulo.



▲ Fig. 9-4. Proceso de coagulación sanguínea.
a, El vaso sanguíneo se rompe e inmediatamente se contrae para disminuir el espacio de salida de la sangre.
b, Las plaquetas se adhieren a las paredes del vaso dañado, forman un tapón y segregan los factores de coagulación creando una "red" entre ellas; este estado se llama **agregación plaquetaria**. El conjunto de plaquetas genera el coágulo.



▲ Fig. 9-5. Representación sencilla de las reacciones que intervienen en la coagulación.

profundización

y hacer un control del tiempo de coagulación para evitar un exceso de anticoagulantes y, como consecuencia, que aparezcan hemorragias. Otro medicamento es el **ácido acetilsalicílico**, cuyo nombre comercial es la **aspirina**. La aspirina evita la agregación de las plaquetas. Es necesario tener en cuenta que, a pesar de que es un medicamento de venta libre, siempre es recomendable consultar al médico.

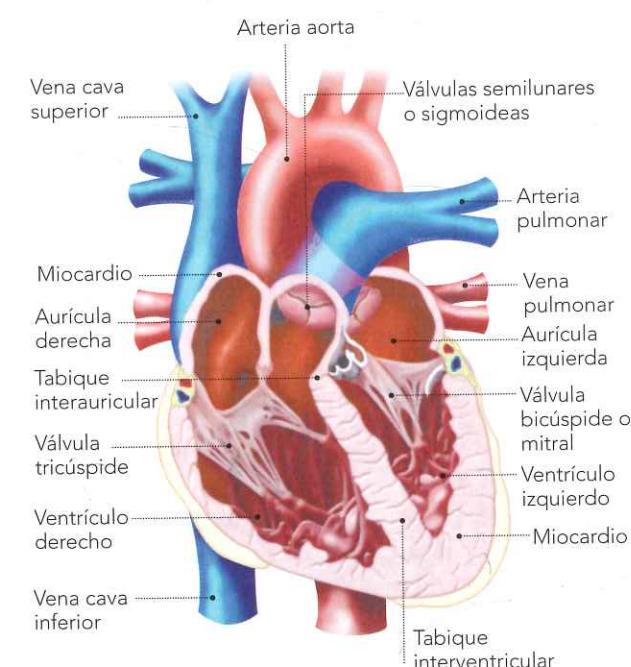
El corazón

Para que la sangre cumpla con todas sus funciones es necesario que llegue a cada una de las células del organismo; esto lo hace a través de los vasos sanguíneos: venas, arterias y capilares que veremos más adelante. Pero, ¿qué órgano cumple la función de dar el impulso y bombear la sangre? Se trata del **corazón**, un órgano muscular, hueco, de forma cónica, cuyas contracciones periódicas mantienen la circulación sanguínea.

El corazón está ubicado en el tórax, entre los dos pulmones, levemente desplazado hacia la izquierda. Está constituido por tres capas de tejido. Desde afuera hacia adentro son el **pericardio**, el **miocardio** y el **endocardio**. El miocardio es una capa de fibras musculares cuya contracción y relajación impulsa el movimiento de la sangre por los vasos sanguíneos.

En la figura 9-6 podés observar la anatomía interna del corazón. Está formado por cuatro cavidades: dos superiores, las **aurículas**, y dos inferiores, los **ventrículos**. Tanto los ventrículos como las aurículas están separados por tabiques llamados **interventricular** e **interauricular**, respectivamente. En cambio, cada aurícula se comunica con el ventrículo del mismo lado.

La sangre llega a las aurículas por las venas y sale de los ventrículos por las arterias. En la ilustración podés observar los distintos vasos sanguíneos que salen del corazón (**arteria aorta** y **arterias pulmonares**) y los que llegan a él (**venas cava**, superior e inferior, y **venas pulmonares**).



▲ Fig. 9-6. Corte longitudinal del corazón.

C Observá la figura 9-6. ¿Qué diferencia notás entre el miocardio de los ventrículos y las aurículas? ¿Podés explicar el porqué de esa diferencia?

Otras de las estructuras que forman parte del corazón son las válvulas.

- Las **válvulas auriculoventriculares** izquierda y derecha regulan el pasaje de sangre desde las aurículas hacia los ventrículos, impidiendo que la sangre retroceda. La válvula derecha se llama **tricúspide** porque está constituida por tres membranas; mientras que la válvula del lado izquierdo, como tiene dos membranas, se llama **bicúspide** o **mitral**.
- Las **válvulas semilunares** o **sigmoideas** comunican el ventrículo derecho con la arteria pulmonar, y el izquierdo con la arteria aorta.

La sangre puede llegar a todas las células del organismo al ser impulsada por dos tipos de movimientos que realiza el corazón: el movimiento de contracción, llamado **sístole**, impulsa la sangre hacia todo el cuerpo; el movimiento de relajación, o **diástole**, facilita la entrada de sangre en el corazón. Al intervalo entre una contracción cardíaca y la siguiente se lo llama **ciclo cardíaco** (figura 9-7), su duración es de 0,8 segundos en reposo y por minuto se producen, aproximadamente, entre 60 y 80 ciclos. Pero, como sabrás, existen numerosos factores que pueden alterar su frecuencia, y uno de ellos es el aumento del ejercicio físico.

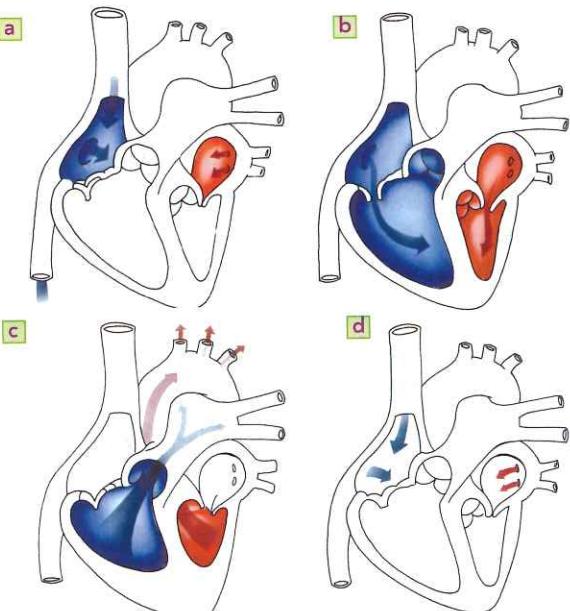
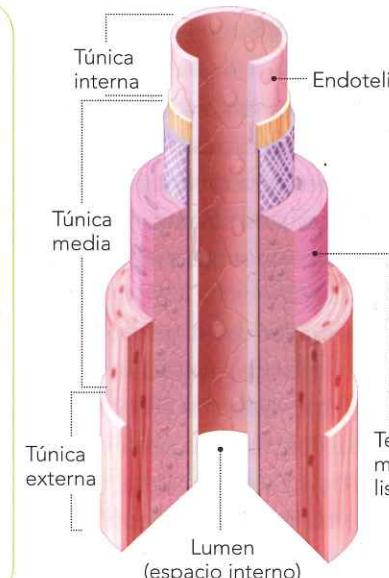


Fig. 9-7. Ciclo cardíaco: a, durante la diástole auricular la sangre llega a las aurículas; b, la sístole auricular impulsa la sangre a los ventrículos y las válvulas auriculoventriculares se abren; c, durante la sístole ventricular, las válvulas auriculoventriculares se cierran (primer ruido cardíaco) y la sangre pasa a las arterias; d, las válvulas sigmoideas se cierran (segundo ruido cardíaco).

Los vasos sanguíneos

La sangre, en los vertebrados y en algunos invertebrados como veremos más adelante, circula dentro de los **vasos sanguíneos**. A medida que se ramifican disminuyen su calibre hasta culminar en vasos de menor espesor, los **capilares**. Las **arterias** principales se ramifican en arterias de menor calibre, **arteriolas**, hasta constituir los capilares donde se produce el intercambio de sustancias entre estas estructuras y las células. Una vez que los desechos metabólicos pasan de la célula al capilar venoso son transportados por **vénulas**, que van aumentando su calibre hasta convertirse en las **venas**, que llegan al corazón.



Arterias. Conducen la sangre desde el corazón hacia cada una de las células del cuerpo. Poseen gruesas paredes elásticas que permiten mantener el flujo sanguíneo a una presión uniforme al aumentar el lumen durante la sístole ventricular. El diámetro promedio es de 0,4 cm.

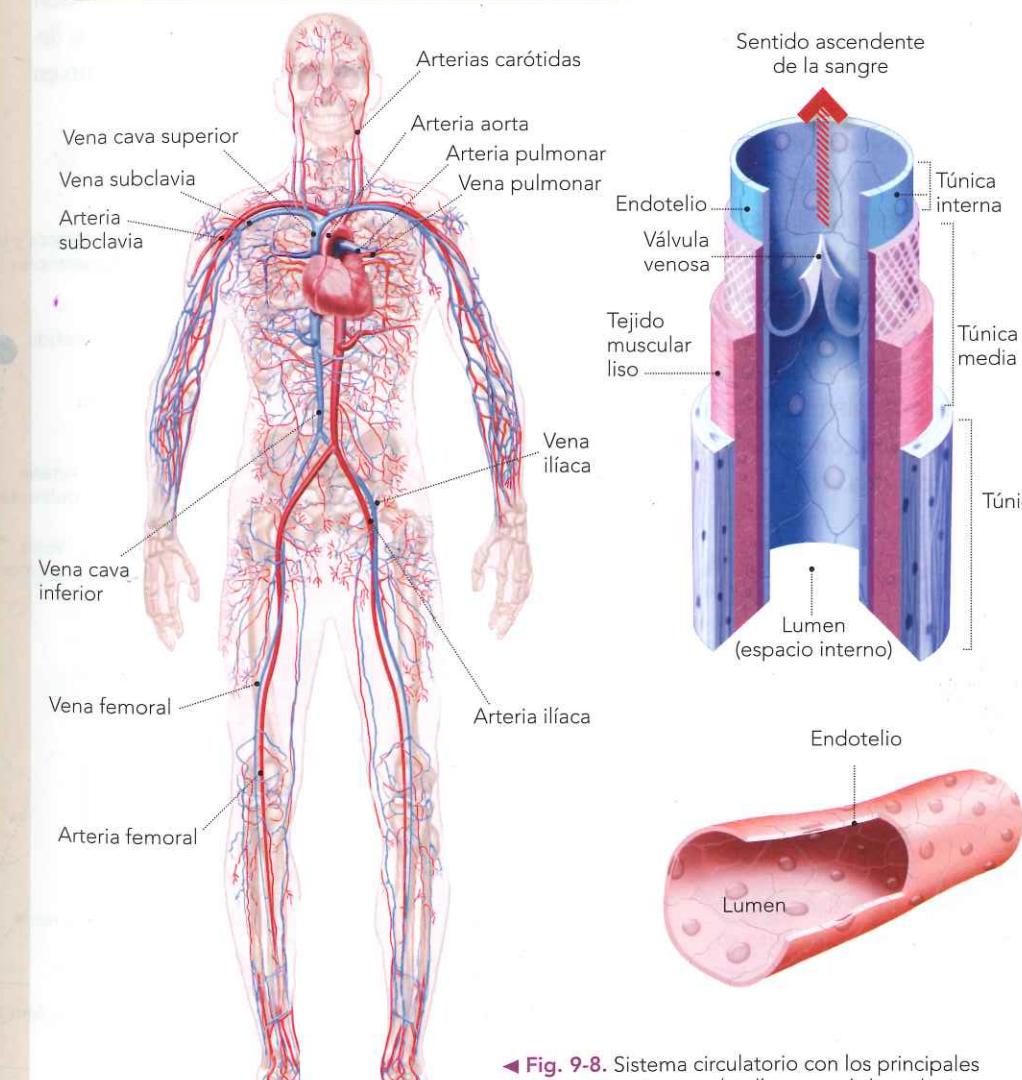
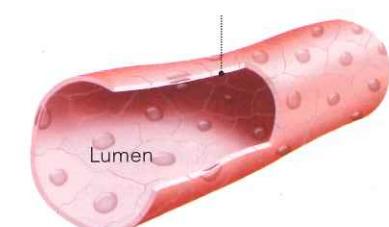


Fig. 9-8. Sistema circulatorio con los principales vasos sanguíneos y detalle general de cada tipo de vaso.

Venas. Conducen la sangre hacia las aurículas. Tienen paredes más delgadas y menos elásticas que las arterias. Transportan la sangre a una presión muy baja, lo que dificulta su retorno al corazón. La mayoría de la sangre venosa debe vencer la fuerza de la gravedad. Las contracciones de los músculos esqueléticos y la presencia de las válvulas semilunares facilitan ese retorno.



Capilares. Son vasos muy delgados del tamaño de un cabello. Poseen una sola capa de células endoteliales, por lo cual su espesor es mínimo, y esto facilita el intercambio de sustancias entre las células y el capilar. Cada capilar mide aproximadamente 0,01 mm de diámetro. La cantidad de capilares es sorprendente: si tuviéramos la posibilidad de poner en línea recta uno a continuación del otro, los 10.000 millones de capilares que constituyen el sistema circulatorio, se cubriría una distancia de 96.500 km.

3. La sangre circula a una velocidad de unos 5 cm/s en las arterias, excepto en la aorta donde alcanza una velocidad de 40 cm/s. ¿Cuál será la razón de esta diferencia en la velocidad de circulación?

Los circuitos vasculares

Hasta el momento estudiamos las características que tienen los vasos a través de los cuales circula la sangre. Ahora bien, ¿en qué dirección se realiza la circulación? Como veremos, la sangre realiza dos circuitos: pulmonar o menor y otro sistémico o mayor. Te sugerimos que a medida que vas leyendo observes la figura 9-9.

Círculo sistémico o mayor: la sangre con alto contenido de oxígeno (oxigenada) pasa de la aurícula izquierda (AI) al ventrículo izquierdo (VI) y llega a la arteria aorta. Esta arteria se ramifica en diferentes vasos que irrigarán los órganos de la cabeza, del tórax, del abdomen y de las extremidades superiores e inferiores. Así, el oxígeno (junto a otros nutrientes) llega hasta cada una de las células e ingresa en las mitocondrias, donde es utilizado para la respiración celular. Como producto de dicha reacción química se libera dióxido de carbono al citoplasma celular que, por difusión, pasará a los capilares venosos. Desde allí la sangre carboxigenada es transportada por venas cada vez más grandes, hasta culminar en las venas cava. La vena cava inferior recoge la sangre que proviene de los riñones y del hígado, e, indirectamente del intestino. La vena cava superior, por su parte, recoge la sangre venosa de la cabeza y las extremidades superiores. En ambos casos, la sangre desemboca en la aurícula derecha (AD) del corazón y pasa al ventrículo derecho (VD) y, así, continúa el ciclo.

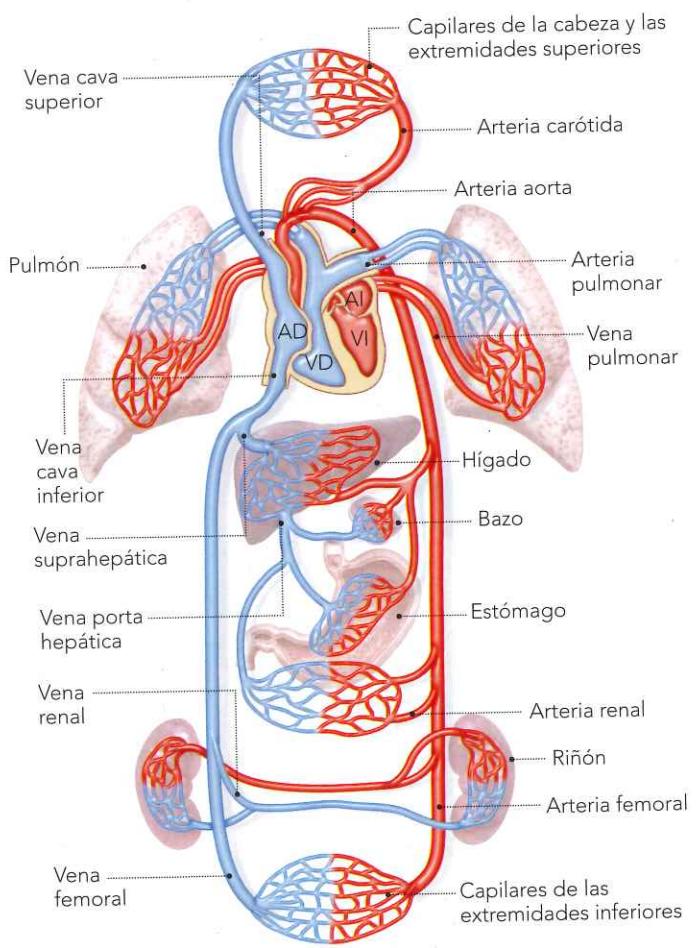
profundización

Un sistema especial: el sistema porta hepático. En los circuitos que hemos estudiado, tanto el pulmonar como el sistémico, la sangre pasa de las arterias a los capilares arteriales, luego a los capilares venosos y finalmente hacia las venas que la conducirán hacia el corazón. Pero el sistema porta hepático es diferente. En este sistema la sangre es conducida hacia el intestino a través de las arterias mesentéricas, las cuales se ramifican en capilares que recogen los nutrientes. Luego, los capilares continúan en la vena mesentérica superior y ésta desemboca en la vena porta hepática, que traslada los nutrientes al hígado. A diferencia de los otros sistemas, en el sistema porta hepático la vena vuelve a ramificarse en capilares que entregan los nutrientes a las células del hígado. Estos capilares originan las venas hepáticas que se comunican con la vena cava inferior. Entonces, por definición, un **sistema porta** es aquel en el que una vena se capilariza y forma después otra vena.

■ **Círculo pulmonar o menor:** la sangre carboxigenada sale del ventrículo derecho a través de las arterias pulmonares y es conducida hacia los pulmones. En los alvéolos se produce la hematosis: el dióxido de carbono es expulsado al exterior del organismo y el oxígeno que ha entrado con el aire durante la inspiración ingresa en los capilares. Desde los capilares, la sangre oxigenada pasa hacia vasos de mayor calibre hasta que finalmente llega al corazón a través de las venas pulmonares, que desembocan en la aurícula izquierda. Y el ciclo vuelve a empezar.

¿Y cómo se nutre el corazón? Este órgano tiene su propia irrigación a través de las **arterias coronarias**, que nacen de la arteria aorta y que constituyen el **círculo coronario**.

A esta altura cabe aclarar que la correcta distinción entre venas y arterias se establece al considerar si **llegan** al corazón –venas– o **salen** de él –arterias– y no en cuanto al tipo de sangre que transportan.

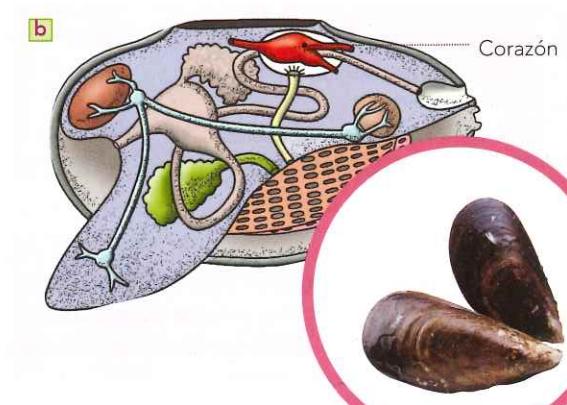
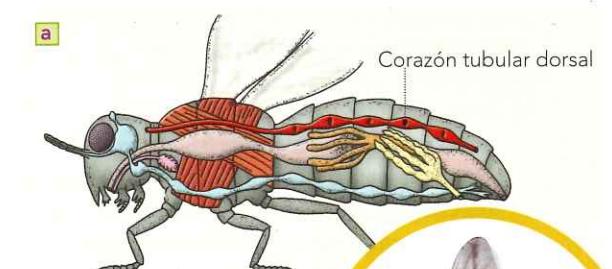


▲ Fig. 9-9. Principales vasos que transportan sangre arterial y venosa en los circuitos mayor y menor.

La circulación en los animales

Todas las células de los seres vivos, desde los más simples hasta los más complejos, necesitan incorporar nutrientes y eliminar productos de desecho de las reacciones metabólicas. Los organismos unicelulares no necesitan un sistema de transporte; el intercambio lo realizan directamente a través de la membrana plasmática. En cambio, por lo general, los organismos pluricelulares cuentan con un sistema que les permite el transporte de los diferentes materiales.

Los animales más sencillos, como los poríferos, los cnidarios (corales, medusas, etc.) y los gusanos planos, no tienen sistema circulatorio. Las sustancias son transportadas por un fluido entre las células. En los animales más complejos, como los artrópodos y los vertebrados, se observan sistemas circulatorios desarrollados que varían en su complejidad. Estos sistemas poseen un

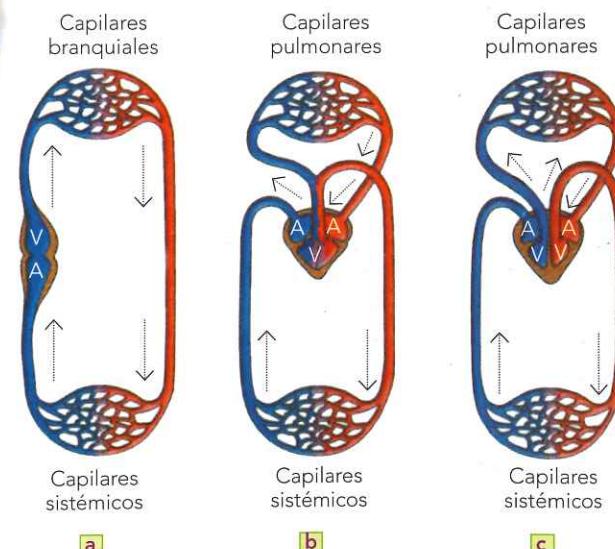


corazón que impulsa la sangre –en vertebrados– o la hemolinfa –en anélidos, moluscos y artrópodos– que transportan sustancias inorgánicas (agua y sales) y orgánicas (glucosa, aminoácidos, etc.). Tanto la sangre como la hemolinfa circulan por vasos conductores (arterias, venas y capilares).

Los sistemas de transporte pueden ser abiertos o cerrados. Esta clasificación se hace teniendo en cuenta si el líquido circulatorio sale, en algún momento de su recorrido, de los vasos de conducción.

■ **Sistema circulatorio abierto.** El fluido sale de los vasos formando **lagunas internas** o **hemocelos** que bañan directamente los tejidos; luego el fluido pasa a unos vasos cortos que lo llevan al corazón. Los moluscos y los artrópodos tienen este tipo de circulación, poseen un corazón con una sola aurícula y un solo ventrículo y varios vasos sanguíneos (figura 9-10).

■ **Sistema circulatorio cerrado.** La sangre nunca sale de los vasos. Algunos invertebrados, como los anélidos, poseen un sistema circulatorio cerrado compuesto por un vaso dorsal contráctil con cinco corazones unidos por vasos laterales a otro vaso ventral que distribuye la sangre hacia los tejidos. Si bien en el grupo de los vertebrados la circulación es cerrada, se diferencian en el número de cavidades que tiene el corazón y en los circuitos que recorre la sangre (figura 9-11).



▲ Fig. 9-10. Anatomía comparada del sistema circulatorio abierto en un artrópodo (a) y un molusco bivalvo (b). La hemolinfa circula dentro de vasos pero sale de ellos, desemboca en una cavidad, el hemocel, y baña directamente los tejidos.

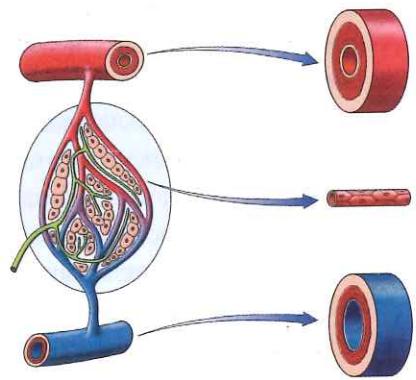
▲ Fig. 9-11. Anatomía comparada de los sistemas circulatorios de vertebrados: a, peces: circulación simple y cerrada (la sangre recorre un solo circuito); b, anfibios y reptiles: circulación cerrada, doble e incompleta (la sangre recorre dos circuitos pero se mezcla en el único ventrículo); c, aves y mamíferos: circulación doble, cerrada y completa.

Aplicación y análisis

4. En la siguiente lista aparecen mezclados los términos que caracterizan la circulación pulmonar y la circulación sistémica. Leé cada uno de ellos y clasificalos teniendo en cuenta el tipo de circuito al que pertenecen. Luego ordenalos en la secuencia correcta.

Aurícula derecha – ventrículo derecho – aurícula izquierda – ventrículo izquierdo – venas pulmonares – venas cava – arteria pulmonar – arteria aorta – capilares pulmonares – capilares de tejidos y órganos.

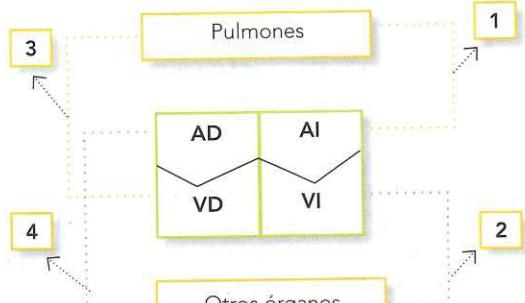
5. Observá la figura 9-12 y colocá las referencias.



▲ Fig. 9-12. Representación esquemática de los vasos sanguíneos.

6. Observá con atención la figura 9-13 donde está representada la circulación sanguínea y luego realizá las siguientes consignas:

- Indicá el nombre de los vasos numerados.
- Colocá la punta de flecha a las líneas de manera que indiquen el sentido en el que circula la sangre. Pintá de rojo las flechas que representan los vasos que transportan sangre oxigenada y con azul las flechas que representan los vasos que transportan sangre carboxigenada.
- Luego de pintar las flechas, ¿estás de acuerdo con la siguiente definición: "todas las venas transportan sangre carboxigenada y todas las arterias transportan sangre oxigenada"?



▲ Fig. 9-13. Esquema representativo de la

7. Analizá los valores presentados en el cuadro 9-1 y contestá las siguientes preguntas:

- ¿Cuál de los chicos sufre un proceso infeccioso? ¿Cómo te diste cuenta?
- Si María se lastima, ¿su herida cicatrizará más rápidamente o más lentamente que la de Juan? ¿Cómo te diste cuenta?
- Investigá cómo tendría que ser un hemograma en el que todos estos valores fueran normales.

Hemograma de Juan

Número de eritrocitos: 2.500.000/mm³

Colesterol total: 280 mg/dl

Plaquetas: 260.000/mm³

Leucocitos: 10.000/mm³

Hemograma de María

Número de eritrocitos: 2.300.000/mm³

Colesterol total: 135 mg/dl

Plaquetas: 300.000/mm³

Leucocitos: 7.000/mm³

▲ Cuadro 9-1. Datos sanguíneos que podrían aparecer en un hemograma.

Organización de la información

8. En la columna A del cuadro 9-2 se presenta una serie de definiciones y en la columna B, el nombre de una serie de vasos sanguíneos. ¿Te parece que hay correspondencia entre los términos y las definiciones? Tu tarea es corregir dichas definiciones y luego armar un cuadro con los pares correctos.

Columna A

Vena de paredes poco elásticas que sale del ventrículo derecho y transporta sangre oxigenada hacia cada una de las células.

Vaso de paredes muy elásticas que sale del ventrículo izquierdo y transporta sangre carboxigenada hacia el pulmón.

Vaso de paredes poco elásticas que llega a la aurícula izquierda con sangre oxigenada.

Vaso que sale del ventrículo izquierdo con sangre carboxigenada.

Vaso muy elástico que llega a la aurícula derecha con sangre carboxigenada.

Columna B

Aorta

Vena cava inferior

Vena cava superior

Arteria pulmonar

Vena pulmonar

▲ Cuadro 9-2.

9. Volvé a leer la información de la página 112. Luego subrayá las palabras clave y realizá una red conceptual que tenga en cuenta las características de los eritrocitos y de los leucocitos.

10. Observá con atención los gráficos de la página 117, donde se muestran comparativamente los sistemas circulatorios de peces, anfibios, aves y mamíferos y luego organizá la información en un cuadro comparativo o un esquema conceptual.

Trabajo de laboratorio

11. Realizá la siguiente observación del corazón de un mamífero.

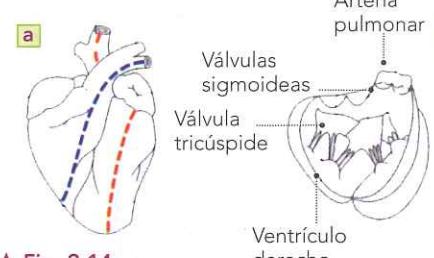
Materiales: un corazón de vaca o de cordero; una planchuela de telgopor; una tijera; pinzas de disección; cables de dos colores diferentes.

Procedimiento

- Identificá la cara posterior del corazón (es más convexa) y la posterior, más plana. Colocalo sobre el telgopor apoyado sobre su cara posterior como muestra la figura 9-14 a. Observá su aspecto externo e identificá las partes señaladas.
- Realizá un corte que empiece en la arteria pulmonar, como indica la línea roja de la figura 9-14 a.
- Reconocé las estructuras que están indicadas en la figura 9-14 b.
- Ahora realizá un segundo corte comenzando por la arteria aorta, como indica la línea azul de la figura 9-14 a.
- Reconocé las siguientes estructuras: arteria aorta, válvulas sigmoideas y ventrículo izquierdo.
- Aplastá entre tus dedos una de las arterias y hacé lo mismo con una vena. ¿Cuál es la diferencia?

Observaciones y conclusiones

- Te resultó sencillo reconocer cada una de las estructuras a partir de los modelos de cada figura? ¿Por qué?
- ¿Cuáles son las diferencias entre las paredes de cada una de las cuatro cavidades? ¿A qué se deben esas diferencias?
- ¿Lograste reconocer todas las válvulas? ¿Cuál es la importancia de su correcto funcionamiento?
- Si tuvieras dudas para identificar la arteria aorta de la pulmonar ¿cómo harías para identificarlas utilizando los dos cables de colores? Hacé la prueba sobre el material de estudio.

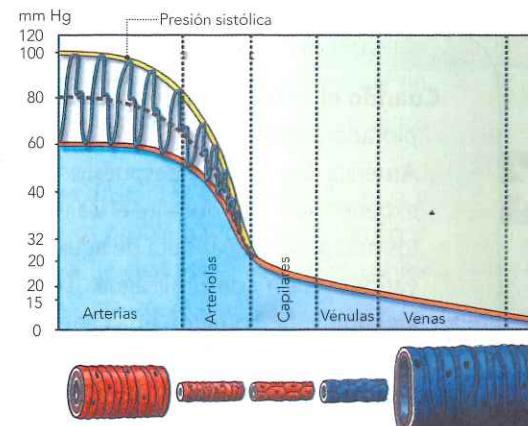


▲ Fig. 9-14.

Investigación

12. La presión sanguínea es la fuerza por unidad de superficie que existe en el interior de los vasos sanguíneos.

- a) Observá la figura 9-15. ¿Cuáles son los vasos que deben soportar una presión mayor? ¿A qué se debe? ¿Cómo se relaciona esto con la estructura de cada vaso sanguíneo?



▲ Fig. 9-15. Variación de la presión en los distintos vasos sanguíneos.

- b) Averiguá qué es la hipertensión arterial. Leé el artículo y luego respondé.

Una enfermedad silenciosa que se puede controlar

La ausencia de dolor es la característica de la hipertensión arterial (HTA). Por este motivo, para detectar la enfermedad a tiempo es muy importante, por lo menos, un control médico por año, sobre todo, si tenemos en cuenta que la Argentina es uno de los diez países con mayor riesgo cardíaco, según un estudio presentado en octubre de 2004 en el Congreso Argentino de Cardiología. Entre los factores de riesgo cardíaco, la HTA ocupa un papel preponderante, ya que el 37,2% de los argentinos mayores de 35 años la padecen. Lo más preocupante de esta cifra es que el 50% de los hipertensos ignoran que lo son.

Si los resultados de los controles periódicos son, en todas las ocasiones, iguales a, o mayores de, una presión arterial de 140 mm Hg - 90 mm Hg, se considera que la persona tiene HTA. Ante la menor duda es aconsejable consultar al cardiólogo y evaluar la metodología para tratar esta enfermedad.

- ¿Qué medidas se deben tomar para prevenir la hipertensión arterial?
- ¿Qué relación existe entre la ingesta de lípidos, la HTA y las arterias?
- ¿Qué es una placa de ateroma? ¿Por qué motivo, en las personas que poseen estas placas en algunas de sus arterias, llega menor cantidad de oxígeno al tejido que irriga este vaso?

Capítulo 10

La excreción

ayer



Fuente:
Bombard, Alain.
Náufrago voluntario.
Barcelona,
Editorial Labor,
1953.

120



Fig. 10-1. El doctor Bombard, convertido en náufrago voluntario, descubrió que el hambre y la sed no son los enemigos más temibles en altamar, sino la soledad. Así lo reflejan sus palabras: "Ahora comprendo la diferencia que va de soledad a aislamiento. Del aislamiento en la vida normal, sé cuándo puedo librarme: me basta con pasar la puerta y bajar a la calle o acudir al teléfono para oír la voz de un amigo. El aislamiento sólo existe si uno se aísla. Pero la soledad, cuando es total, nos aplasta."



Cuando el mar se convierte en un gran desierto. Álvar Nuñez Cabeza de Vaca fue un explorador español que, en 1527, navegó por el Atlántico con el objetivo de encontrar oro en América. Varios años después, este expedicionario decidió contar en su libro *Naufragios* la experiencia vivida durante el viaje. Tuvo muchos problemas durante la travesía, pero uno de los más graves fue la falta de agua potable. Esto determinó que toda la tripulación estuviera varios días sin consumir agua. ¿Lo podés imaginar? A raíz de la desesperación, algunos de los tripulantes tomaron una cantidad excesiva de agua de mar, lo que culminó con un triste resultado: cinco de ellos murieron.

Si en aquel entonces hubieran conocido el "método Bombard", seguramente otro habría sido su destino. ¿En qué consiste este método? Ideado por el médico francés Alain Bombard, exclusivamente para poner en práctica durante los naufragios, este método consiste en tomar sólo pequeñas cantidades diarias de agua de mar y, de esta manera, sobrevivir. ¿Será verdad esto? ¿Cómo se relacionará la cantidad de agua de mar bebida con la vida o la muerte?

En el año 1952, Bombard decidió llevar a la práctica su hipótesis y, para ello, se convirtió en un "náufrago voluntario" y navegó durante cien días sin provisiones, logrando sobrevivir únicamente con los recursos que le brindaba el mar: plancton, pescado crudo y agua salada. ¡Sí, bebió agua salada durante toda la travesía! Pero, a diferencia de la expedición anterior, como ya te contamos, lo hizo en pocas cantidades bebiendo de a pequeños sorbos; así favoreció el proceso de filtración que se lleva a cabo en los riñones y evitó la deshidratación. Como afirma en su libro: "El agua de mar es peligrosa: así lo dice todo el mundo. Beberla en grandes cantidades conduce a la muerte por nefritis".

→ hoy

hoy

Cuando el mar se transforma en un gran aliado. ¿Por qué beber agua de mar puede, en realidad, deshidratarnos? El agua marina tiene un 3% de cloruro de sodio y la orina debe contener un 2%; entonces, ¿qué sucede con este exceso de cloruro de sodio? Queda en el organismo? No, si bebemos agua de mar para calmar la sed, los riñones tienen que retirar agua de nuestro cuerpo para diluir el exceso de sal que ingerimos al beber agua salada, y esto nos hace sentir más sedientos. Esta mayor eliminación de agua y sales ocasiona la deshidratación. Es decir que para eliminar el exceso de sales aumenta el proceso de filtración en el riñón y, de esta manera, se diluye la mayor cantidad de sal ingerida, pero surge un nuevo inconveniente: el riñón trabaja más de lo debido y se inflama. Esto produce serios problemas renales que pueden causar la muerte.

El riñón cumple un rol fundamental porque mantiene constantes los niveles de agua y solutos corporales y, si este equilibrio se altera, causa serios problemas de salud. Bombard evitó estos problemas aplicando su método y, en contra de cualquier pronóstico, sobrevivió a tan arriesgado viaje; llegó con 25 kilos menos y una grave anemia que obligó a hospitalizarlo inmediatamente.

Si bien Bombard supo transformar el "gran desierto marino" en un "gran aliado" y de esta forma no morir deshidratado, está muy claro que el hombre no puede vivir consumiendo agua de mar toda la vida. En la actualidad se habla mucho de un grave problema: dentro de cientos de años, el agua potable, que es un recurso natural, corre el riesgo de agotarse. Entonces, cuando llegue ese día, ¿de dónde obtendrá agua potable el hombre para beber y de esta manera mantener el equilibrio interno? Actualmente se han puesto en práctica varios métodos para desalinizar el agua de mar. Algunos de ellos son: la **ósmosis inversa** (figura 10-2) y la **congelación** (cuando el agua de mar se congela, los cristales de hielo se separan del agua salobre y casi no contiene cloruro de sodio; entonces, luego se separa el hielo y se derrite). A pesar de todos los avances y esfuerzos, todavía no se ha podido imitar la función del filtro más perfecto que se conoce: el riñón.



◀ Fig. 10-2. Desalinización por ósmosis inversa. Sobre una membrana semipermeable se ejerce una presión, mayor que la presión osmótica, lo que permite filtrar las sales disueltas en el agua de mar y, de esta manera, convertirla en agua potable.



1. Respondé las preguntas teniendo en cuenta la información de "ayer" y de "hoy".

- Recordá lo que estudiaste en el capítulo 3 sobre la homeostasis como una de las características de los seres vivos y explicá a qué se debe la sensación de sed. ¿Qué logramos incorporando agua?
- Ya sabés que beber agua salada para calmar la sed no es una buena elección. ¿Por qué? Respondé esta pregunta esquematizando en tu carpeta una célula de tu organismo rodeada de líquido intersticial hipertónico. ¿Por qué beber agua de mar no quita la sed y, como si esto fuera poco, ingerida en gran cantidad produce deshidratación?
- ¿Por medio de qué sistema incorporamos agua? ¿Por medio de qué mecanismos la eliminamos?
- ¿Recordás qué otros productos debemos eliminar del organismo? ¿Por qué es necesario eliminarlos? ¿Qué sucedería si se acumularan en el cuerpo?
- Teniendo en cuenta la importancia del agua en la homeostasis de los seres vivos, ¿por qué motivo es importante estudiar la desalinización del agua de mar?

121

Capítulo 10

Los órganos excretores

La sed es un indicador de que se ha eliminado gran cantidad de agua en la orina o en la transpiración, lo que indica que se debe reponer el agua perdida. ¿Se te ocurre por qué? 

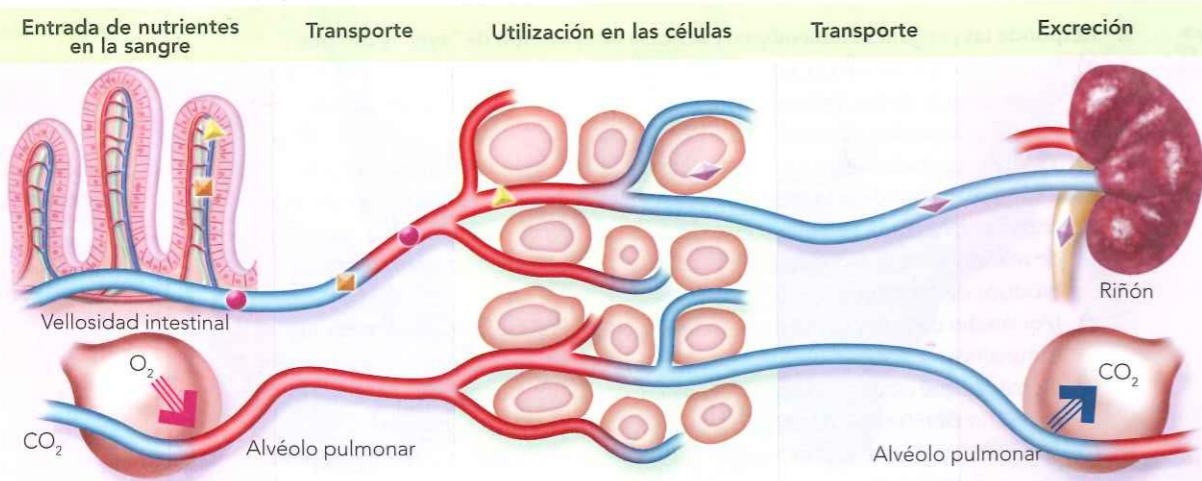
Todos los seres vivos necesitamos mantener constante el volumen de agua interno y, como viste en el capítulo 3, la homeostasis. Esto permite que todas las reacciones del metabolismo puedan realizarse con normalidad.

Los **órganos excretores** participan en la homeostasis a través de:

- la eliminación al exterior de los productos del metabolismo y demás sustancias perjudiciales;
- el control de la concentración de iones (como Na^+ , K^+ , Cl^- , Ca^{2+} , H^+) y otras sustancias;
- el mantenimiento del equilibrio hídrico, que consiste en igualar la cantidad de agua que entra en el organismo con la que sale de él.

Entonces, debido a la función de los órganos excretores los seres vivos eliminamos agua, desechos metabólicos y otras sustancias en el medio. Veamos cuáles son los principales **productos de la excreción**:

- dióxido de carbono, originado en la respiración celular;
- agua, procedente de la ingesta y la producida en la respiración celular;
- desechos nitrogenados procedentes del catabolismo de las proteínas, como la **urea** y el **ácido úrico** (los animales acuáticos excretan amoníaco, pero este desecho nitrogenado resulta muy tóxico si no se diluye lo suficiente);
- sales minerales en exceso;
- otras sustancias, como algunos medicamentos, aditivos alimentarios (colorantes, conservantes), etcétera.



▲ Fig. 10-3. Los riñones y los pulmones son órganos excretores.

Como te habrás dado cuenta, en el proceso de excreción intervienen varios órganos. En la figura 10-3 están representados los **riñones** y los **pulmones**, pero también contamos con otros órganos con función excretora, como el **hígado** (actúa sobre la mayoría de las sustancias tóxicas antes de su excreción), las **glándulas lacrimales** (sales y agua) y las **sudoríparas** (el sudor es como una orina muy diluida).

Como ya viste en el capítulo anterior, el sistema circulatorio está íntimamente relacionado con los órganos de la excreción. Esta relación se establece cuando los productos de desecho metabólico son liberados a la sangre y este tejido los transporta hacia cada órgano excretor para su eliminación.



Homeostasis:
capítulo 3.
Metabolismo
celular:
capítulo 5.
Sistema
circulatorio:
capítulo 9.



Control
nervioso:
capítulo 12.

El sistema urinario

Como te contamos en la página anterior, la excreción es el mecanismo por el cual se eliminan los productos que, si se acumulan en el organismo, resultan tóxicos, ya que alteran el metabolismo normal. Ahora nos dedicaremos a los órganos que forman parte del **sistema urinario**, por medio del cual se eliminan, además de agua, desechos nitrogenados.

Observá la figura 10-4. El sistema urinario está compuesto por los riñones y las **vías urinarias**: los uréteres, la vejiga y la uretra.

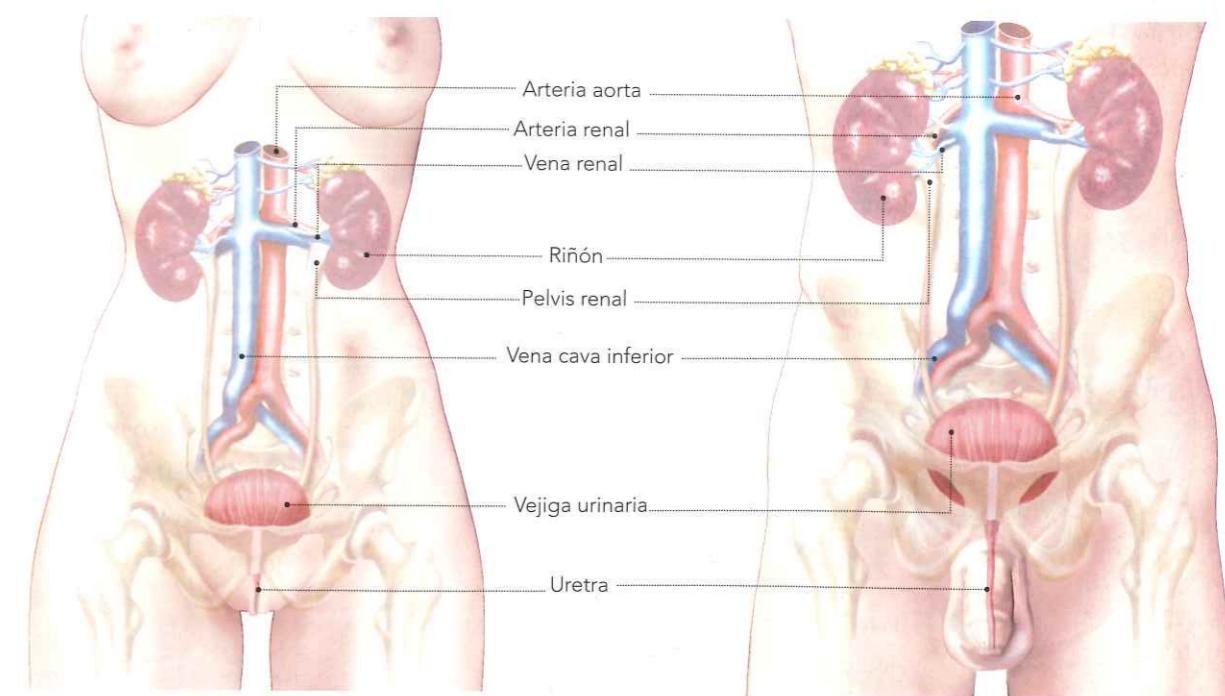
■ **Riñones**. Son dos órganos de color pardo a amarillento situados a ambos lados de la columna vertebral, a la altura de la última vértebra dorsal y las primeras lumbaras. El riñón derecho se ubica más abajo porque el hígado presiona sobre él. Se encargan de filtrar la sangre y formar la **orina**. Mantienen la homeostasis de las sales y del agua. También cumplen una función endocrina al producir hormonas como la **eritropoyetina**, que interviene en la formación de los glóbulos rojos en la médula ósea, y la **renina**, que provoca el aumento de la presión arterial. En la página siguiente podés observar su estructura interna (figura 10-5). Cada riñón presenta dos regiones principales: una externa, la **corteza**, y otra interna, la **médula**, dividida en sectores triangulares llamados **pirámides renales**. La base de cada pirámide se orienta hacia la corteza y su vértice se proyecta a los **cálices renales**, que se unen en la **pelvis renal**.

■ **Uréteres**. Son dos tubos de unos 28 cm de largo que continúan desde la pelvis renal. Conducen la orina desde los riñones hasta la vejiga por medio de la contracción de sus músculos (aproximadamente, cada 10 segundos).

■ **Vejiga**. Es un órgano hueco y elástico situado en la parte inferior del abdomen y, según la cantidad de orina que almacena, sus paredes se relajan (cuando está llena) o contraen (al vaciarse).

■ **Uretra**. Es un conducto a través del cual la orina pasa desde la vejiga hacia el exterior del cuerpo. La uretra masculina es más larga que la femenina y funciona al mismo tiempo como vía urinaria y genital. Por el contrario, la uretra femenina es totalmente independiente de la vía genital. En el inicio de la uretra se encuentra el **esfínter uretral interno** de acción involuntaria, que impide el paso de la orina desde la vejiga hasta alcanzar determinada presión. El **esfínter uretral externo** está bajo el control voluntario: cuando las fibras musculares se relajan, permite la evacuación de la orina aunque la vejiga no esté del todo llena.

La salida de la orina al exterior se produce por el **reflejo de micción**, que está controlado por el sistema nervioso. Este reflejo se activa cuando el volumen de orina contenida en la vejiga es superior a los 300 ml, aproximadamente. En la micción interviene una serie de músculos cuya acción coordinada permite el vaciamiento de la vejiga.



▲ Fig. 10-4. Sistemas urinarios humanos femenino y masculino.

¿Cómo se forma la orina?

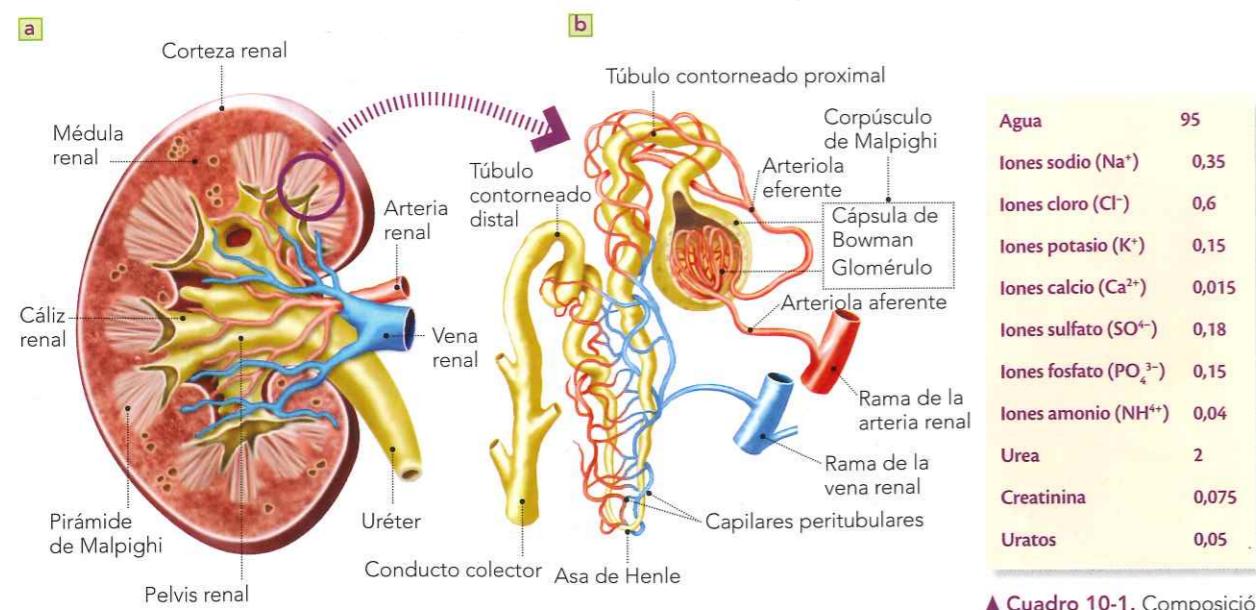
La sangre transporta distintas moléculas e iones hasta los riñones. ¿Cómo llegan a formar parte de la orina?

La formación de orina es un proceso muy complejo que se lleva a cabo en la unidad anatómica y funcional del riñón: el **nefrón** (figura 10-5 b). En un riñón humano hay más de un millón de nefrones. Cada nefrón consiste en un ovillo de capilares sanguíneos, el **glomérulo**, una cápsula que lo rodea, la **cápsula de Bowman** (ambas estructuras constituyen un **corpúsculo de Malpighi**), y un pequeño túbulo, el **túbulo renal**, en el cual se distinguen diferentes zonas. En cada una de esas estructuras del nefrón se lleva a cabo un proceso específico diferente que culmina con la formación de orina.

La sangre ingresa en el glomérulo por la **arteriola aferente**, y sale ya filtrada por la **arteriola eferente**, que se divide en capilares que rodean el túbulo renal (**capilares peritubulares**). Estos capilares se unen para formar una vénula que desemboca en la **vena renal**.

Básicamente, la formación de la orina se lleva a cabo en tres procesos: filtración, reabsorción y secreción.

- **Filtración glomerular.** La sangre ingresa en el glomérulo por la arteriola aferente a una presión muy elevada. Esto hace que las sustancias disueltas en el plasma atraviesen los capilares y lleguen a la cápsula de Bowman. Sólo pasan el agua y los solutos pequeños, de modo que el filtrado glomerular resultante contiene aminoácidos, glucosa, agua, sales minerales y urea. Los eritrocitos y las proteínas de gran tamaño no pueden pasar. Si cada día se filtran unos 180 litros de esta orina primaria, ¿cómo es posible que, al final, sólo queden entre 1,5 y 2 litros de



▲ Fig. 10-5. **a**, Corte transversal del riñón; **b**, detalle del nefrón.

orina? Si prestaste atención te habrás dado cuenta de que esta orina no puede ser eliminada porque todavía contiene muchas moléculas útiles, como la glucosa.

Reabsorción tubular. El filtrado glomerular entra en el **túbulo contorneado proximal**, pasa por el **asa de Henle** y continúa por el **túbulo contorneado distal**, que confluye en un conducto más ancho, el **conducto colector**. La recuperación de glucosa, aminoácidos, agua, sales y vitaminas presentes en el filtrado glomerular se produce en cada una de estas zonas. No todas las sustancias filtradas son reabsorbidas (es decir que pasan a la sangre), sólo las que tienen importancia para el organismo. La reabsorción de agua a nivel del conducto colector está regulada por la **hormona antidiurética**, encargada de mantener el balance hídrico.

Secreción tubular. Desde los capilares peritubulares pasan desechos hacia los túbulos y conductos; este proceso se denomina **secreción**. Algunos iones, como el potasio, el hidrógeno y el amonio son secretados a los túbulos contorneados proximal y distal con el objetivo de mantener la homeostasis de iones y líquidos corporales. Ciertos fármacos, como la penicilina, también son secretados en esta zona, y luego son eliminados en la orina. La secreción, entonces, elimina del organismo sustancias en exceso y perjudiciales.

Por último, los conductos colectores se unen entre ellos y conducen la orina a los cálices renales, y de allí pasa a la pelvis renal, desde donde desciende a la vejiga a través del uréter. Podés observar la composición final de la orina en el cuadro 10-1.

La excreción en los animales

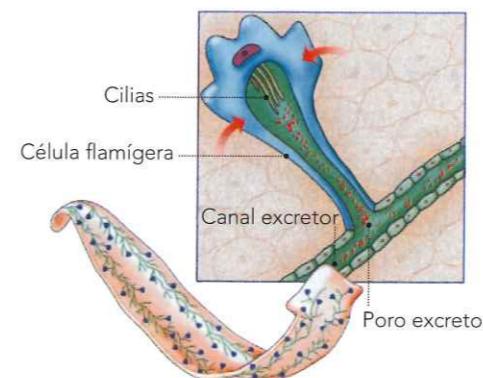
Los seres vivos poseen diferentes sistemas, algunos más simples y otros más complejos, a través de los cuales eliminan los desechos metabólicos al exterior.

En los organismos unicelulares la excreción se lleva a cabo de manera muy sencilla: a través de una simple **difusión**. En los animales pluricelulares, por el contrario, existen órganos especializados para la excreción.

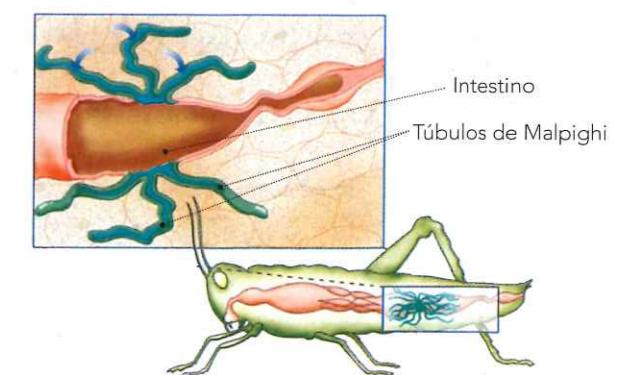
En los invertebrados hay tres estructuras típicas: protonefrídios, metanefridios y túbulos de Malpighi.

- Los **protonefrídios** se encuentran en animales que carecen de una cavidad corporal, como los gusanos planos (platelmintos). Son tubos muy ramificados con un extremo cerrado que termina en una **célula flamígera**. Esta célula posee varias cillas orientadas hacia la luz (espacio interno) del tubo. Las sustancias de desecho entran por las células flamígeras, que están en contacto con los tejidos, y el batir de las cillas hace que se muevan por el tubo hasta los **poros excretores**, y por allí salen al exterior (figura 10-6).

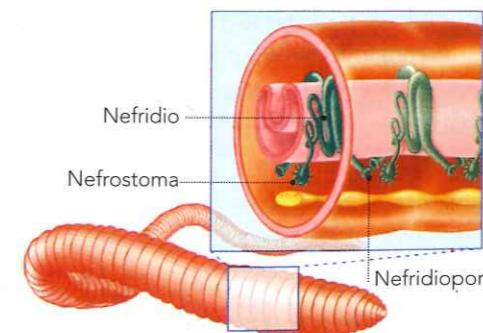
- Los **metanefridios** están presentes en los invertebrados con cavidad corporal, como moluscos y anélidos. Son tubos que tienen ambos extremos abiertos: uno conectado con la cavidad del cuerpo o celoma, el



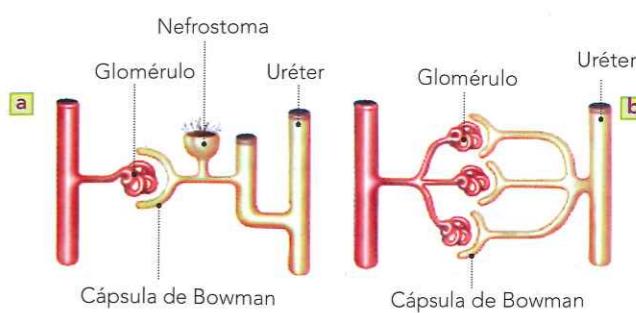
▲ Fig. 10-6. Protonefridio en una planaria (platelminto).



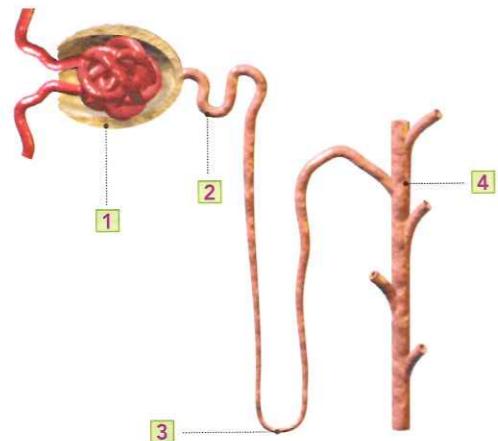
▲ Fig. 10-8. Túbulos de Malpighi en un insecto



▲ Fig. 10-7. Metanefridio en una lombriz (anélido).

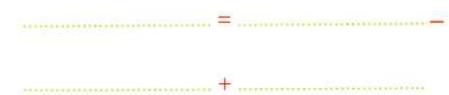


▲ Fig. 10-9. Esquemas simplificados de mesonefros (**a**) y metanefros (**b**).

Fig. 10-10. Esquema simplificado del nefrón.

3. Completá la línea de puntos utilizando los términos que figuran en la lista. Luego elaborá un texto que lo explique.

Excreción urinaria
Absorción
Secreción
Filtración

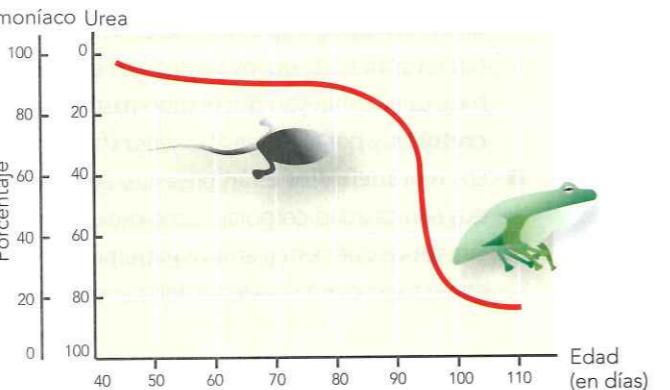


4. Justificá la siguiente afirmación:

En zonas desérticas existen mamíferos que tienen muy desarrollada el asa de Henle.

5. Observá la figura 10-11, que representa el tipo y la concentración de sustancias excretadas por un anfibio en un determinado período. Luego resolvé las consignas.

- a) Respondé si es verdadero o falso que a partir de la lectura del gráfico se deduce que:
- Comienza a excretar urea a partir del día 50.
 - La excreción de urea siempre predomina sobre la de amoníaco.
 - La excreción de amoníaco predomina siempre sobre la de urea.
 - La excreción de urea aumenta significativamente a partir del día 90.
- b) Investigá cuál es el ciclo de vida de un anfibio y luego pensá cuál es la causa del cambio del tipo de desecho nitrogenado excretado.

**Fig. 10-11.** Excreción en anfibios.

6. Leé nuevamente la página 124, donde se describen los procesos que intervienen en la formación de la orina, y contestá las siguientes preguntas:

- a) En un análisis de orina normal, ¿es posible encontrar glucosa?
- b) ¿Se puede encontrar 60 g/l de proteínas a nivel del asa de Henle?
- c) ¿Es correcta la siguiente afirmación? "En el filtrado glomerular se encuentran 20 g/l de urea y en la orina, 0,25 g/l". Explica por qué.

7. Observá el cuadro 10-2 y explicá su similitud con la composición de la orina.

Agua	Sales minerales (NaCl)	Sustancias orgánicas (urea, creatinina, uratos)
99 %	0,6 %	0,4 %

Cuadro 10-2. Composición del sudor en los humanos.

8. Relacioná los términos de las dos columnas con flechas. Luego explicá dichas relaciones en tu carpeta.

Túbulos de Malpighi

Metanefridios

Riñones

Mesonefros

Metanefros

Protonefrídios

Peces

Anélidos

Insectos

Platelmintos

Mamíferos

Trabajo de laboratorio

9. La presencia de ciertas sustancias en la orina es indicadora de que algo está funcionando mal. Te proponemos analizar una muestra de orina de forma muy sencilla, para identificar la presencia de proteínas, glucosa y sales de cloro (cloruros).

Materiales: 20 ml de la primera orina de la mañana; cuatro tubos de ensayo (numerados); una gradilla; una pipeta; un ácido fuerte (puede ser ácido nítrico); reactivo de Fehling; nitrato de plata; un mechero; un broche de madera.

Procedimiento

Numerá los cuatro tubos de ensayo y coloca 4 ml de orina en cada uno.

- a) Identificación de glucosa

- 1.º Medí 3 ml de orina con la pipeta y colocalos en el tubo de ensayo N° 2.

- 2.º Agregá 1 ml de reactivo de Fehling y calentá.
- 3.º Anotá tus observaciones.

- b) Identificación de proteínas

- 1.º Medí 3 ml de orina con la pipeta y colocalos en el tubo de ensayo N° 3.

- 2.º Agregá 1 ml del ácido fuerte.

- 3.º Anotá tus observaciones.

- c) Identificación de cloruros

- 1.º Medí 3 ml de orina con la pipeta y colocalos en el tubo de ensayo N° 4.

- 2.º Agregá 5 gotas de nitrato de plata.

- 3.º Anotá tus observaciones.

Observaciones y conclusiones

Tené en cuenta los siguientes datos y respondé.

- El reactivo de Fehling y la glucosa intervienen en una reacción química que da como producto un cambio de coloración a rojo ladrillo.
 - En presencia de un ácido fuerte las proteínas se desnaturalizan y se observa la formación de un coágulo blanquecino.
 - Cuando se produce una reacción química entre los iones cloruro y el nitrato de plata se forma un precipitado de color blanco.
- a) ¿Cuál de las sustancias está presente en la orina?
- b) ¿Cuál de las tres sustancias siempre es esperable encontrar en un análisis?
- c) ¿Qué indica la presencia de glucosa o de proteínas en orina?
- d) ¿Cuál es la función de la muestra del tubo N° 1?

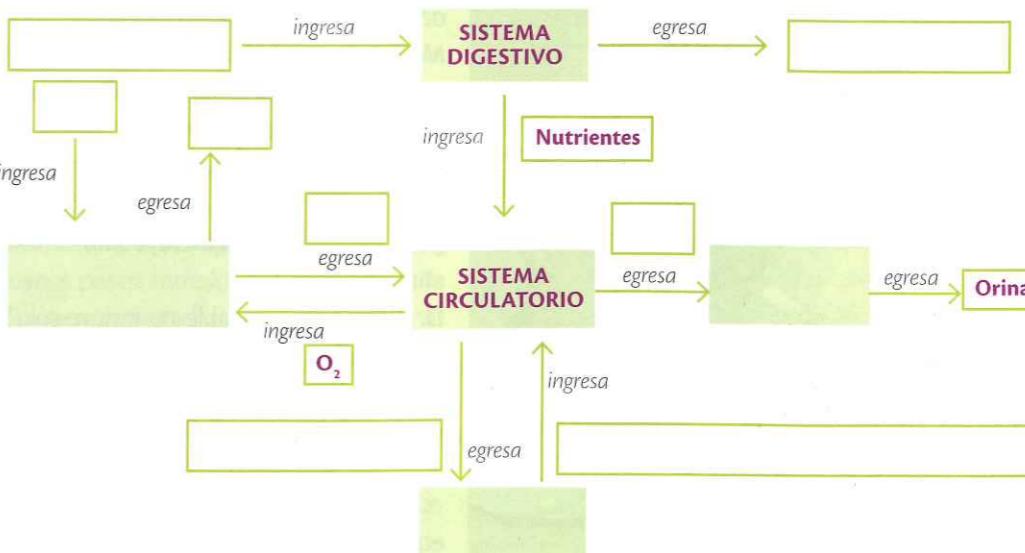
Organización de la información

10. Resolvé las consignas teniendo en cuenta cómo se relacionan todos los sistemas de la nutrición.

- a) Colocá las referencias que faltan para completar el esquema.

- b) Explicá en tu carpeta en qué consiste dicha relación.

- c) Elaborá un mapa conceptual. Para ello seleccioná los términos del esquema que creas más apropiados.



Nutrición saludable: algo más que comer bien

Algo tan simple y natural como alimentarnos, a veces puede ocasionarnos problemas. Por eso necesitamos aprender qué es una alimentación sana y qué comidas pueden traernos dificultades aunque sean gustosas. Para saber qué debemos hacer, entrevistamos a dos especialistas: las doctoras Miriam Tonietti y Diana Pasqualini.

¿Alimentación y nutrición son lo mismo?

Miriam Tonietti (M. T.). No, alimentarse se relaciona con comer, pero comer puede ser nutritivo o no. La nutrición incluye proporcionar las sustancias necesarias y los procesos digestivos para la utilización de los alimentos, el sostenimiento de las funciones vitales, y en los niños, el crecimiento.

Diana Pasqualini (D. P.). La nutrición no sólo se refiere a los alimentos sino también a lo afectivo, y debería agregarse el término comensalidad, es decir, el compartir la comida con otros.

¿Dieta sana es sinónimo de dieta balanceada?

M. T. Sí. Una dieta equilibrada debe estar compuesta por los distintos grupos alimentarios: lácteos, carnes, cereales, harinas, frutas, verduras y el agua. Debe ser diferente cada día, lo más variada posible, colorida y aromática. Es importante que incluya frutas y verduras.



Drs. Miriam Tonietti y Diana Pasqualini

Para la Dra. Pasqualini a partir de la comensalidad, en la mesa familiar se transmiten valores culturales, costumbres; la familia puede hablar de lo afectivo, de los límites, y se muestran los roles del hombre, de la mujer y de los hijos.



Entonces, ¿el consumo de gaseosas genera otros problemas?

M. T. Los sabores muy intensos estimulan el centro del gusto y determinan un aumento de la necesidad de comer o tomar. Estimulan los mismos centros nerviosos que otras sustancias químicas adictivas.

D. P. Es muy difícil tratar a adolescentes obesos con adicción a las gaseosas, porque a esto se suma un grave inconveniente y es que muchas veces sustituyen la leche, y entonces no hay un aporte de calcio suficiente. En otras circunstancias, las gaseosas no sustituyen la leche, pero provocan un "lavado", facilitando la eliminación del calcio de los huesos.

M. T. Para colmo, la adolescencia es un momento clave para lograr una adecuada masa y mineralización ósea. Lo que se pierde en ese momento, no se puede recuperar luego.

¿Una nutrición sana incluye sólo alimentarse bien?

D. P. Una vida saludable no incluye sólo una alimentación saludable, para eso son necesarios también el reposo, la actividad física, y horas de trabajo y recreación repartidas en forma adecuada. Si el estilo de vida de un adolescente es sano, alcanzará el peso adecuado o peso de equilibrio.

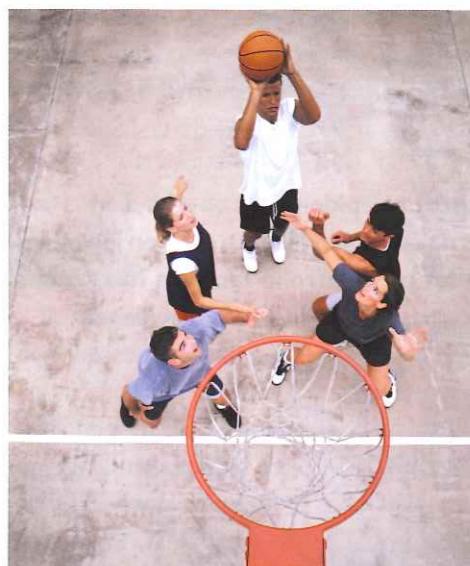
¿Es buena una dieta exclusivamente vegetariana?

D. P. Desde mi punto de vista, no. Si bien en el concepto de salud y enfermedad no existe una única verdad, nosotros no promovemos la alimentación vegetariana.

M. T. Si hablamos de vegetarianos estrictos (que no incluyen huevos ni lácteos) es difícil realizar una buena dieta sin una adecuada planificación por el especialista, que contemple los posibles déficit de nutrientes como calcio, hierro, zinc, vitamina B12, vitamina D. Cuando se consumen vegetales con lácteos y huevos se puede lograr una alimentación completa.

¿Qué falta en una dieta vegetariana estricta?

M. T. Depende del momento biológico. No son lo mismo las proteínas que necesita un adulto que ya creció, que un chico en el proceso de crecimiento. En adultos uno puede manejarse sin proteínas de alta calidad, en cambio, en el adolescente son necesarias. Porque hay aminoácidos que los vegetales no aportan, entonces, su falta no permitirá formar una proteína biológicamente útil. Si a la dieta vegetariana le agregamos leche, huevos, lácteos en general, estaríamos completando una alimentación ideal.



▲ La actividad física y la recreación son fundamentales como parte de una buena nutrición.

desnutrición o de malnutrición. Otras veces influyen factores socioculturales. Por ejemplo, hoy muchos adolescentes almuerzan en el colegio o en zonas cercanas; y ahí comen lo que se les ofrece. Otra cosa es la selectividad propia de algunos chicos que presentan una enfermedad mental. Yo atendí a una adolescente de 14 años que vivía en una institución y la trajeron a la consulta porque decían que no comía. En realidad, no comía en el desayuno, en el almuerzo, en la merienda, ni en la cena, pero en la calle comía las papas fritas y las galletitas que le regalaban sus amigos, y tenía dolor de panza por esa forma de comer. Hacía un picoteo continuo de alimentos al paso, pero éstos no constituyan una alimentación completa.

Los índices de masa corporal ¿sirven como indicadores del peso ideal en un adolescente?

M. T. El índice de masa corporal considera la relación entre dos medidas que son el peso y

Muchas personas creen que cuando los chicos obesos pegan el estirón, al pasar de la niñez a la adolescencia, dejan de tener sobrepeso. El chico que antes de la pubertad ya era obeso si sigue alimentándose de la misma manera, seguirá siéndolo más allá de la adolescencia y en la edad adulta. Además, si es mujer, tendrá mayores inconvenientes. Tanto en el hombre como en la mujer los picos máximos de velocidad de estatura y de peso coinciden con la llegada de la pubertad. Pero en la mujer viene primero el estirón en estatura y después aumenta el peso; esto coincide con el alto tenor de estrógenos. Entonces, la composición corporal de la mujer cambia y adquiere mayor proporción de grasa corporal, que se deposita en el abdomen, los glúteos y los muslos. Las adolescentes deben aprovechar esa etapa para ordenar su alimentación, no comer en exceso, pero también deben saber que naturalmente hay cosas que no se pueden cambiar. Están dejando de ser niñas para convertirse en mujeres.

la talla (peso/talla al cuadrado) y, en la adolescencia, justamente, las variaciones son enormes. Además, este índice no permite reflejar la composición corporal de un individuo. Tampoco el peso aisladamente lo refleja ya que puede estar determinado por músculo, grasa o agua.

Sirve como indicador para hacer evaluaciones de grupos poblacionales, pero a nivel individual, es mucho mejor ir viendo el carril de crecimiento de cada joven a lo largo del tiempo, y estar atento a si se producen grandes modificaciones en su índice de masa corporal en un determinado lapso para evitar el desarrollo de obesidad o desnutrición.

Existe una epidemia de obesidad en los países desarrollados, pero en los países en desarrollo también hay obesos de escasos recursos. ¿A qué se debe?

M. T. Las personas con pocos recursos tienen un acceso limitadísimo a algunas fuentes de alimentos. Acceden a alimentos densos en energía, pero poco densos en nutrientes. Ingieren muchos hidratos de carbono, grasas de mala calidad, y casi no comen proteínas, ni tampoco micronutrientes: zinc, calcio, hierro.

D. P. No comen verduras ni frutas.

M. T. Entonces, no tienen los minerales y las vitaminas necesarios para su metabolismo. Por eso son de baja estatura y obesos.

D. P. Comen mucho pan o galletitas, guisos, fideos, azúcar, arroz. Con eso los chicos se llenan pero no se nutren.

¿A qué se considera comida rápida o chatarra?

M. T. Son las comidas muy ricas en grasas e hidratos de carbono refinados (azúcares) con baja densidad de nutrientes y muy densamente energéticas. Consumidas con frecuencia traen como consecuencia el desarrollo de obesidad y se asocian a otras enfermedades crónicas relacionadas (diabetes, hipertensión, hipercolesterolemia) que ya pueden aparecer en edades tempranas como la adolescencia. Los chicos consumen en una comida prácticamente las calorías que deberían tomar en las 2/3 partes del día. Además, como son muy sabrosas, estimulan a seguir comiendo. También los aderezos tienen altos niveles calóricos.

¿Qué problemas podrían tener los adolescentes obesos al llegar a la edad adulta?

M. T. Está demostrado que el peso alto en la adolescencia se perpetúa con más facilidad en los años de adultez. Para los que tienen padres obesos el problema es mayor, ya que si ambos lo son el riesgo de tener obesidad es de un 70-80%. Esto viene asociado con la diabetes, la hipertensión y el incremento de las enfermedades cardiovasculares en el mundo. Quizás estemos, por primera vez en la historia de la humanidad, frente al riesgo de que los hijos se enfermen y mueran antes que sus padres.

Los alimentos "funcionales" son productos que ayudan al fortalecimiento de los huesos o colaboran en las infecciones intestinales, pero ¿son realmente útiles o es sólo una cuestión de marketing?

M. T. Los alimentos funcionales son aquellos que presentan modificaciones en su composición para proporcionar beneficios a la salud, además de sus nutrientes básicos (por ejemplo, leches y yogures fermentados, huevos modificados con bajo colesterol, aceite alto oleico). Son complementos para el tratamiento de algunas afecciones pero de ninguna manera reemplazan o sustituyen una alimentación saludable.

D. P. Muchas veces los adolescentes tienen dolores abdominales disfuncionales, acompañados en ocasión por distensión y constipación, que se benefician con algunos de los alimentos llamados funcionales. Pero si en lugar de constipación hay diarrea el tratamiento es otro. Otro problema preocupante puede ser causado por los alimentos hipercalóricos, que dicen que tienen todo en una pequeña fracción. Quizás éstos pueden beneficiar a un grupito de pacientes que se niegan a comer y se desnutren o a otros que presentan un trastorno mental severo y malnutrición. Pero no están indicados para un adolescente normal. La publicidad promueve algunos de ellos como alimentos muy saludables, y es un problema. Recuerdo el caso de una joven obesa que tomaba dos potes de estos alimentos a la mañana y dos a la tarde. Ella no sabía que era peor para su obesidad.

Un modelo de alimentación diaria

La adolescencia es uno de los períodos de máxima velocidad de crecimiento y, por lo tanto, los requerimientos nutricionales son mayores. Los alimentos actúan como el combustible que brinda la energía necesaria para poder vivir, crecer y desarrollarse en forma saludable. Aquí les facilitamos un modelo de alimentación diaria, para que ésta sea completa, armónica y adecuada.

Desayuno y merienda

- Una taza de leche o yogur.
- Azúcar.
- Dos rodajas de pan lactal, o cinco galletitas de agua o una taza de cereal.
- Mantequilla, queso o mermelada para untar.
- Un vaso de jugo natural (opcional).

Si desayuna fuera de casa, se puede optar por un sándwich de queso o un yogur con cereales (más fáciles de transportar o llevar).

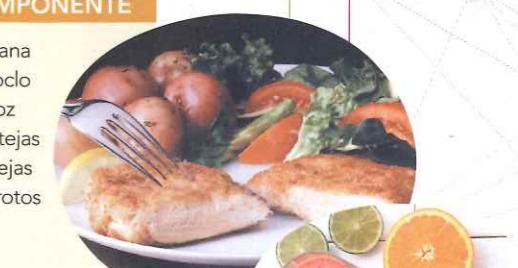


Almuerzo y cena con carne

CARNES	VERDURAS	TERCER COMPONENTE
Un churrasco mediano	Tomate	Una papa mediana
Una milanesa	Lechuga	Una taza de choclo
Dos hamburguesas de pollo	Zanahoria	Una taza de arroz
Dos filetes de pescado	Zapallo	Una taza de lentejas
Una lata de atún (180 g)	Zapallito	Una taza de arvejas
	Acelga o espinaca	Una taza de porotos

Condimentos: aceite, limón o vinagre.

Postre: una fruta mediana o un postre.



Almuerzo y cena sin carne

- Elegir sólo una de las opciones y un postre.
- Un plato de pastas o dos canelones con salsa y queso.
 - Dos tazas de arroz con salsa y queso + verduras.
 - Dos porciones de tarta de verdura o queso + ensalada o sopa.
 - Dos tazas de guiso de lentejas.
 - Tortilla de un huevo + papa o acelga o espinaca o zapallito + sopa.
 - Dos porciones de pizza + sopa o ensalada.
 - Dos o tres empanadas + sopa o ensalada.

Postre: dos frutas medianas.



Algunas recomendaciones alimentarias

1. El tamaño de las porciones debe ser adecuado a la actividad física que se desarrolla y a la etapa de la vida que se está viviendo.
2. Las cuatro comidas diarias son necesarias.
3. No "picotear", ni saltarse una o varias comidas.
4. El desayuno es la primera comida diaria y es imprescindible realizarlo.
5. El almuerzo y la cena deben ser variados y completos.
6. Consumir:
 - Carne, pollo o pescado una vez por día.
 - Huevo dos veces por semana.
 - Cereales y verduras todos los días.
 - Pastas una o dos veces por semana.
 - Dos frutas diferentes por día.
 - Agua (lo habitual es ingerir 1 litro de líquido por día aparte de las comidas).
 - Aceite.
 - Consumir moderadamente: sal, gaseosas y golosinas.



Hoja de vida

Miriam Tonietti
Médica pediatra especialista en nutrición. Trabaja en la sección Nutrición y Diabetes del Hospital de Niños Ricardo Gutiérrez.

Diana Pasqualini
También es médica pediatra pero se dedica a la atención de adolescentes desde 1979. Coordina el área Clínica de Adolescencia del Hospital de Niños Ricardo Gutiérrez.

Sección IV

La relación con el entorno

132



Capítulo 11 Recepción de estímulos

134

Un estímulo, una respuesta. Receptores de afuera y de adentro. Sensaciones sensacionales. Gusto y olfato, sentidos químicos. Visión. Oíme... la mecanorrecepción. ¿Cómo mantenés el equilibrio? Mucho tacto. Otros seres, otros receptores.



Capítulo 12 Control, regulación e integración de funciones

146

¿Todo bajo control? Nervioso y endocrino. La voluntad hace la diferencia. Central o periférico. De relación o autónomo. Control endocrino, lento pero duradero. Glándulas y glándulas. Neuroendocrino... una buena relación.



Capítulo 13 Sostén y movimiento

160

Sostén en el agua y en la tierra. Puro esqueleto. Cavidades corporales. Huesos por fuera y por dentro. ¿Cómo crecen? Hueso con hueso, articulación. Móviles y fijas. Músculos x 3. ¿Contraídos o relajados? Antagonistas que trabajan juntos.



Capítulo 14 Las defensas del organismo humano

172

Específicas o no, nos defienden. Piel, salivas, mucosas. Fagocitos al ataque: inflamación. Ganglios y linfa. Linfocitos al ataque, respuesta inmune. Antígenos y anticuerpos. Células con memoria. Los aliados: vacunas y sueros.



Capítulo 15 Población humana y salud

184

Primero, la salud. ¿Y la enfermedad cuándo aparece? Cuestión de estilo (de vida). Noxas por todos lados. A cuidarse y no enfermarse. Buen ambiente, buena salud. Salud para todos. Promover, prevenir, recuperar, rehabilitar. Acciones efectivas para vivir con salud.



Nuestra gente Cómo comunicarse si no está la palabra

187

Comunicarse sin ver ni oír. Tadeo y Omar, TADOMA. Señas y señales. Ser diferente, algo común. ¿Cómo podemos ayudar? La profesora Sandra Polti nos cuenta qué significa la comunicación sin barreras.



Los avances científico-tecnológicos permiten conocer, cada vez más y mejor, el asombroso funcionamiento del cuerpo humano, y también buscar remedios y curas más eficaces cuando alguna parte resulta dañada. En esta imagen digitalizada se observan implantes de titanio.

133

Sección IV

Capítulo 11

Recepción de estímulos

ayer



Fuente:
Rángel, M.P.
"Amplificación,
un reto en evolución".
En Acta de
Otorrinolaringología y
Cirugía de Cabeza
y Cuello [en línea],
volumen 30, N°2,
2002. Colombia. www.
encolombia.com/
medicina/ otorrino/
otorrino30202
supl-ampli.htm



Los anteojos tienen su historia... Si bien no se conoce una fecha exacta de la invención de los **anteojos**, alrededor del año 1249 Roger Bacon  hacía referencia al uso de lentes para mejorar la visión. Sabemos que se trataba de **lentes biconexas** y que recibieron ese nombre porque su forma se asemejaba a la de las lentejas. Sólo cien años más tarde se cree que aparecieron las **lentes cóncavas**. Sin embargo, existe una fuerte sospecha de que ya en el siglo X los chinos usaban lentes colocadas sobre armaduras, los conocidos anteojos. En Europa se utilizaron por primera vez en Italia, hacia 1285. La invención de la imprenta en el siglo XV provocó una gran demanda de anteojos. Y más cerca en el tiempo, a fines del siglo XIX, hicieron su aparición las **lentes de contacto**, cuyo uso se masificó en la década de 1970.

...y los audífonos también. A pesar de lo antiguo que resulta el problema de la disminución auditiva o **hipoacusia**, recién a fines del siglo XIX, en la denominada "era acústica", surgieron algunas alternativas de solución. Así aparecieron los primeros **audífonos**, aparatos que permiten amplificar el sonido recibido en su entrada, de manera que el sonido obtenido en su salida sea mayor. Los más primitivos fueron las **trompetas** o los **auriculares**, que mejoraban la captación de las ondas sonoras dentro del conducto del oído, pero sólo se ofrecían a la venta en los círculos sociales más exclusivos. Las versiones posteriores, si bien lograban una mayor amplificación del sonido, eran enormes cajas y, por cierto, muy poco prácticas para usar. La aparición del **transistor** en 1952 y el posterior inicio de la era digital permitieron disponer de audífonos que no sólo eran más potentes sino que también eran verdaderas miniaturas.

▼ Fig. 11-1. Diversos modelos de anteojos antiguos.



▲ Fig. 11-2. Audífonos de diferentes épocas. (Las fotografías no respetan proporciones de tamaño, para que puedan apreciarse mejor).



 **Roger Bacon** (1214 - 1292). Filósofo, sabio, científico, religioso y teólogo inglés. Sus obras incluyeron temas de óptica, astronomía y matemática. Sus ideas progresistas, como su creencia de que la Tierra era redonda, le valieron quince años de cárcel por "herejía".

OJOS BIÓNICOS

Implantes de "ciencia ficción" para tratar la ceguera

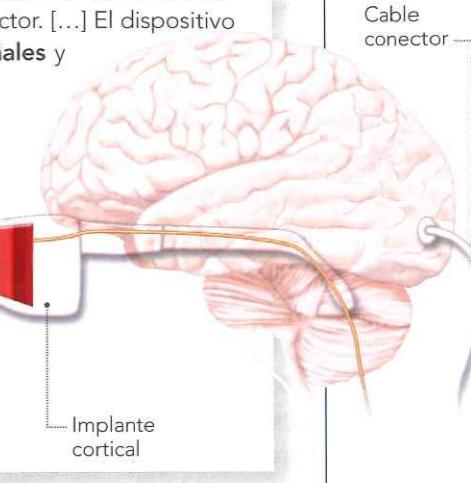
→ hoy

"[...] Son muchos los científicos que están volcando todo su esfuerzo en contribuir a la creación de **implantes corticales** [...], que ayuden a recuperar la visión mediante la estimulación de las áreas afectadas.

Es impresionante pensar que una persona puede sobrevivir con un implante en la corteza cerebral y el consiguiente agujero en el cráneo, del que sale el cable conector. [...] El dispositivo está compuesto por el implante y, además, por un **procesador de señales** y unas **gafas con una microcámara** incorporada. La cámara captura la imagen que está enfrente del individuo y el procesador la transforma en señales comprensibles por el cerebro. [...] de momento, lo máximo que se ha conseguido es que los pacientes vean, como consecuencia de la estimulación cerebral, puntos de luz".

Fig. 11-3. Diagrama que muestra el implante cortical para ciegos. ▶

 Fuente: *El Mundo, España*, 26 de agosto de 2003.



Implante cortical

SE REALIZARON MÁS DE 300 IMPLANTES COCLEARES

Permiten revertir la sordera profunda

"Cada año nacen en la Argentina entre 2.000 y 3.500 bebés en el más profundo de los silencios. Sordos de nacimiento, estos pequeños sólo pueden ingresar en el mundo de los sonidos gracias a un dispositivo denominado **implante coclear**.

'Desde que comenzamos a colocar estos dispositivos, hace diez años, ya tenemos 312 pacientes implantados, lo que nos convierte en el centro con más experiencia de América Latina', dijo el doctor Leopoldo Cordero, coordinador del Grupo de Implantes Cocleares del Hospital Nacional de Pediatría Juan P. Garrahan. [...]

La **sordera profunda bilateral congénita** resulta de un mal funcionamiento del oído interno para el que no es suficiente un audífono común y corriente, pero que puede ser subsanada mediante un implante coclear, siempre y cuando sea diagnosticada. [...] 'Cuando el implante se realiza antes de los tres años de vida, se produce un desarrollo espontáneo del lenguaje' –señaló el doctor Cordero–. 'Por eso es fundamental que a todo recién nacido se le realice una medición de emisiones otoacústicas en los primeros meses de vida'".

 Fuente: *La Nación*, 15 de noviembre de 2003.

1. Respondé las preguntas teniendo en cuenta la información de "ayer" y de "hoy".

- ¿Cuáles son los cambios por los que pasaron los anteojos y los audífonos a través de la historia? ¿Cuáles de esos cambios te resultan más notorios?
- Los lentes y los audífonos contribuyen a solucionar problemas de disminución visual y auditiva, respectivamente. ¿En qué sentido se orientan los desarrollos tecnológicos actuales vinculados con los sentidos de la vista y del oído?
- El implante cortical se coloca en el cerebro de personas ciegas. También se está experimentando con implantes en los ojos. ¿Por qué supones que algunas personas ciegas necesitan uno de esos implantes y otras personas requieren los otros?
- ¿A qué se debe que un niño sordo de nacimiento también sea mudo, si no tiene ninguna afección en los órganos que producen la voz?

134

IV

Capítulo 11

Los receptores sensoriales

Si observás a tu alrededor podrás percibir la gran cantidad de cambios que ocurren. Las características del ambiente que nos rodea se modifican continuamente, y lo mismo ocurre en el interior de nuestro cuerpo. Cualquiera de esas modificaciones es un **estímulo**, y el aporte de cada uno de esos estímulos es fundamental, ya que nos brindan todo tipo de información respecto de lo que ocurre en el entorno y en nuestro organismo.

C Mencioná algunos ejemplos de estímulos que proceden del entorno y otros que se originen en el interior de nuestro cuerpo.

¿Cómo logramos, entonces, saber qué sucede en nuestro entorno? ¿De qué manera podemos captar cada uno de esos estímulos? Estamos tan acostumbrados a usar los sentidos que, probablemente, no tenemos una real dimensión de su importancia para el funcionamiento correcto de todo nuestro organismo. Tené en cuenta que sólo podemos evitar un obstáculo o responder a una llamada cuando percibimos esos estímulos. Por lo tanto, una parte de la respuesta a las preguntas anteriores es: logramos obtener información del medio a través de los **receptores**, que son células especializadas en captar estímulos y en traducirlos a impulsos nerviosos. Se trata de neuronas algo modificadas o células no nerviosas que se conectan en forma química o eléctrica con las neuronas. Esos receptores,

junto con otros tipos de células, constituyen, por lo general, las estructuras denominadas **órganos de los sentidos**.

¿Cómo podemos captar la gran variedad de estímulos ambientales? Los receptores no son todos iguales y cada uno posee la capacidad de captar un tipo particular de estímulo. Las células receptoras pueden ser alargadas, como los conos y los bastones de los ojos, o presentar un abultamiento en su extremo, como los denominados corpúsculos presentes en la piel. Otras poseen cílios, como las que captan sonidos. Estas diferencias de estructura están vinculadas con la capacidad de cada receptor para captar un tipo particular de estímulo.

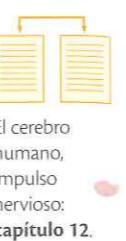
Si tenemos en cuenta la ubicación de los receptores, los podemos clasificar en tres grupos. Los que poseen los órganos de los sentidos pertenecen a la categoría de **exteroceptores**, y son los encargados de captar estímulos procedentes del entorno. Pero, como ya sabés, también existen estímulos que se desencadenan dentro de nuestro organismo. Los receptores que los captan se denominan **interceptores**, ubicados en las vísceras como el estómago y los vasos sanguíneos, o **propioceptores**, localizados en los músculos y las articulaciones y que nos informan, por ejemplo, sobre la posición del brazo.

El cuadro 11-1 sintetiza la variedad de receptores que posee nuestro cuerpo teniendo en cuenta otro tipo de clasificación. ¿Cuál? La naturaleza del estímulo.

Tipos de receptores	Estímulos que captan	Órganos en los que se encuentran
Quimiorreceptores	Sustancias	Nariz, lengua
Fotorreceptores	Luz	Ojo
Mecanorreceptores	Vibraciones	Oído
	Movimiento	Oído
	Presión	Piel y vísceras
Termorreceptores	Temperatura	Piel y vísceras
Nociceptores	Dolor	Piel, músculos, articulaciones y vísceras

▲ Cuadro 11-1. Clasificación de los receptores según la naturaleza del estímulo que captan.

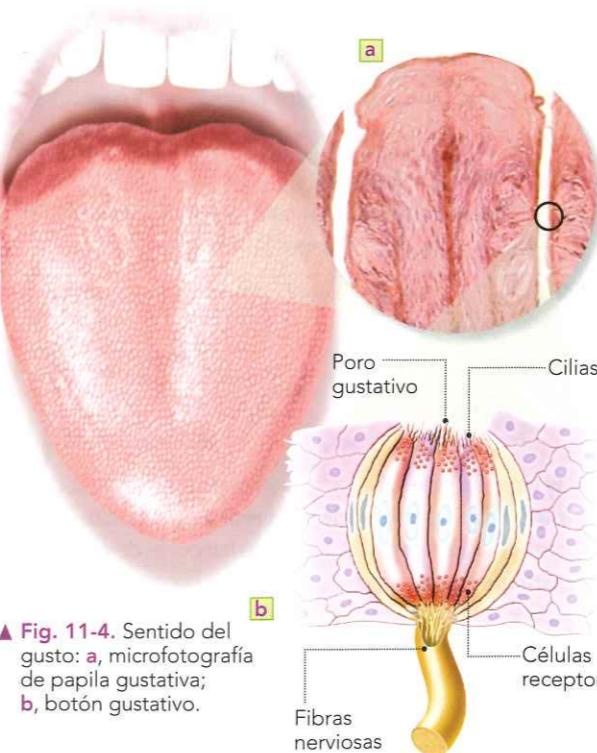
C 2. Explicá en tu carpeta: ¿cuál es la función de los diferentes órganos de los sentidos y por qué algunos pueden cumplir con más de una?



Quimiorrecepción: el gusto y el olfato

Sabores y aromas hay varios, algunos nos agrandan pero otros... no tanto. Vamos a comenzar por los sabores.

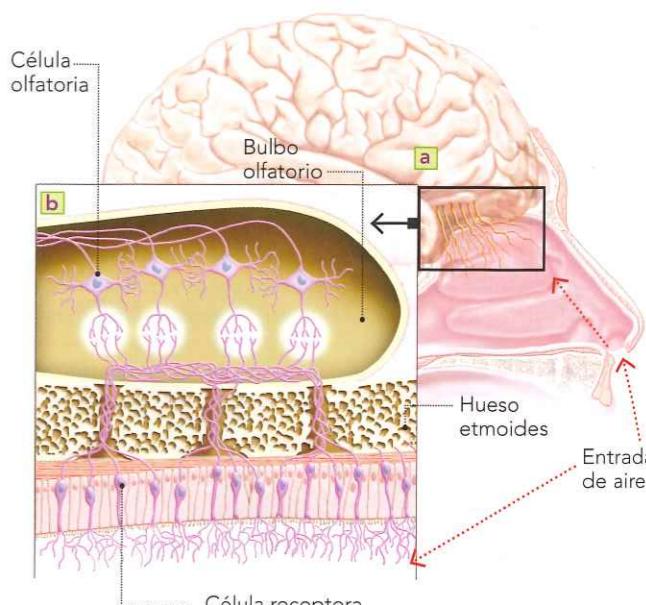
Las sustancias que ingerimos por la boca se ponen en contacto con los quimiorreceptores de la lengua, encargados del gusto. Este sentido nos permite captar, al menos, **cinco sabores básicos**: dulce, amargo, salado, ácido y umami. (Este último quizás no te resulte familiar; fue "descubierto" a principios del siglo xx. Se trata del glutamato de sodio, cuyo sabor residual es muy parecido al del ajo). Para comprender cómo funciona el gusto observá la figura 11-4. En la lengua se ven pequeñas estructuras que le dan ese aspecto rugoso, las **papilas gustativas**, en las que se encuentran los **botones gustativos**, donde se localizan los quimiorreceptores (también presentes en la nariz y la garganta). Un adulto tiene alrededor de diez mil papilas gustativas. Las sustancias que ingerimos se disuelven en la saliva, sus moléculas o iones penetran a través de los poros gustativos y llegan a las cílios de los quimiorreceptores.



▲ Fig. 11-4. Sentido del gusto: a, microfotografía de papila gustativa; b, botón gustativo.

Estas células se ponen en contacto con neuronas que reciben el mensaje y lo conducen hasta el cerebro. Cuando este órgano interpreta la señal, sentimos un sabor.

¿Cómo es el proceso en el caso de los olores? Algunas sustancias se incorporan al aire, por ejemplo, a partir de un alimento o de un perfume, ingresan a nuestro organismo y llegan a los quimiorreceptores presentes en la nariz, encargados del sentido del olfato. Observá la figura 11-5: las fosas nasales están tapizadas por una membrana llamada **mucosa pituitaria**. En su parte superior, la **mucosa amarilla** contiene alrededor de cinco millones de células receptoras del olfato. Pero, ¿cómo sentimos los diferentes aromas? Las moléculas de las sustancias que ingresan junto con el aire se ponen en contacto con las cílios de las células receptoras; éstas desencadenan la señal eléctrica que es conducida por fibras nerviosas hasta los **bulbos olfatorios** (uno en cada fosa nasal), en donde otras células continúan transmitiéndola hasta el cerebro. Cuando este órgano interpreta la señal, sentimos un olor.



▲ Fig. 11-5. Sentido del olfato: a, localización de la mucosa amarilla; b, detalle de la membrana pituitaria.

profundización
¿Qué son las sensaciones? Las sensaciones son mecanismos que tiene el cuerpo para procesar los estímulos que le llegan a través de los receptores. Así tenemos sensaciones de hambre o sed, visuales y auditivas, entre otras. Pero para tener una sensación no basta con la **captación** de estímulos. Por medio del proceso de **transducción**, los receptores convierten los estímulos que reciben, como la luz, en una señal eléctrica. Sólo cuando esta señal llega al cerebro y éste la interpreta, tenemos una sensación.

profundización
¿A qué se debe el olor de las sustancias? Una de las teorías que intenta explicar cómo sentimos diferentes olores sostiene que existen siete olores primarios: alcanfor, almizcle, flores, menta, éter, acre (avinagrado) y podrido. Cada olor estaría producido por un tipo de molécula, con una forma particular, que se ajustaría a la forma de las cílios presentes en distintas células receptoras, así como

cada llave se ajusta sólo a una cerradura. Esto estaría avalado por el descubrimiento de casi mil tipos de células receptoras del olfato. ¿Sabías que la característica distintiva de muchas sustancias es el olor y no el sabor? Muchos de los sabores los podemos diferenciar principalmente gracias al sentido del olfato. Hacé la prueba tapándote la nariz mientras ingerís diferentes alimentos.

Fotorrecepción: la vista

¿Sabías que aun cuando no hubiesen tenido problemas en la vista durante la primera etapa de su vida, todas las personas comienzan a tener dificultades de enfoque cuando leen, a partir de los cuarenta años? El ojo es el órgano que contiene las células receptoras encargadas de recibir la luz, convertir ese estímulo en señales eléctricas y transmitir esas señales hasta el cerebro. Así, cuando el cerebro interpreta las señales que recibe desde los ojos, vemos.

Para comprender cómo está constituido el ojo analizá la figura 11-6 y comenzá por compararlo con una esfera hueca, cuyas paredes están formadas por tres capas. Algunas de esas capas tienen características diferentes, si se considera la región anterior o posterior del ojo.

C Leé el cuadro 11-2 y ubicá las diferentes capas del ojo en la figura 11-6. Observá atentamente tu ojo en un espejo. ¿Cuáles podés identificar?

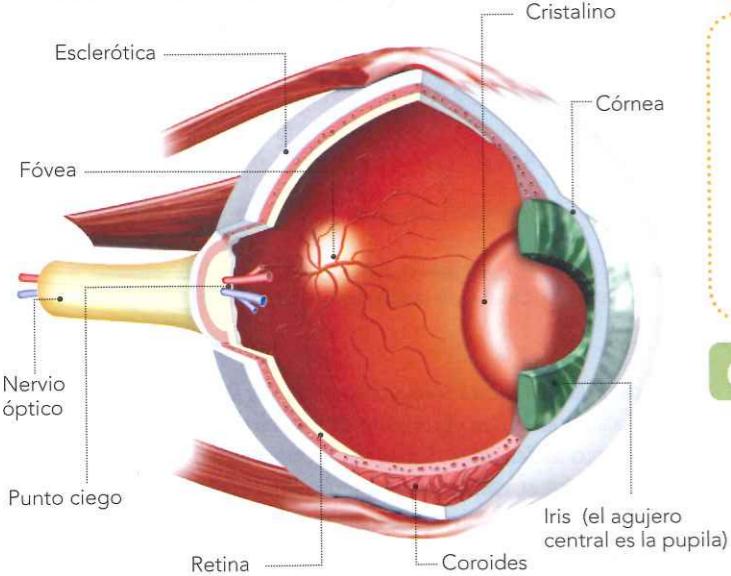
Como podés observar, el interior del ojo contiene diversas estructuras. El **cristalino** es una lente biconvexa de

consistencia dura encargada de enfocar la luz para que se forme una imagen nítida sobre la retina. Su convexidad se modifica según la distancia a la que se encuentran los objetos (si está cerca, la curvatura aumenta). Delante del cristalino se ubica un líquido, el **humor acuoso**, y detrás del cristalino, una sustancia gelatinosa, el **humor vítreo**. Todos estos elementos, junto con la córnea, son transparentes y permiten el paso de la luz.

Veamos ahora algunas particularidades funcionales del ojo para conocer otros de sus elementos. Seguramente habrás oído hablar de la **agudeza visual**. Este término hace referencia a la *máxima nitidez con la que podemos ver*. Ocurre cuando la luz se desvía al entrar en el ojo e incide en la **fóvea**: un punto en la retina de máxima concentración de receptores. Pero, así como tenemos un punto de máxima nitidez, también tenemos un **punto ciego**: un sector de la retina que carece de receptores. Es el lugar de origen del **nervio óptico**, encargado de conducir las señales desde el ojo hacia el cerebro.

Capas del ojo	Parte posterior	Parte anterior
CAPA EXTERNA	Esclerótica : membrana externa, de color blanco, muy resistente. Da forma y protege el globo ocular.	Córnea : es una lente transparente, permite la entrada de luz al ojo.
CAPA MEDIA	Coroides : membrana de color oscuro. Tiene gran cantidad de vasos sanguíneos y un pigmento que mantiene oscuro el interior del ojo.	Iris : membrana pigmentada. Tiene un agujero central, la pupila . Regula la entrada de luz aumentando el diámetro de la pupila cuando hay poca luz o disminuyéndolo, si hay mucha.
CAPA INTERNA	Retina : membrana interna constituida por células receptoras: los conos y los bastones , encargados de captar la luz. Sobre ella se forman las imágenes.	

▲ Cuadro 11-2. Capas del ojo y estructuras que las constituyen.



▲ Fig. 11-6. Anatomía del ojo.

El cine y la visión. Nuestra visión tiene una característica denominada **persistencia de la retina**, que consiste en retener una imagen durante algunas fracciones de segundo, luego de que la imagen desapareció. El conocimiento de esta característica hizo posible la invención del **cine** ya que, cuando vemos una película, en realidad estamos viendo una secuencia de fotos. A cada foto se la llama **cuadro** y se proyectan veinticuatro cuadros por segundo.

3. Mencioná, en orden, todos los elementos del ojo que atraviesa la luz para llegar a la retina.
4. La presbicia es un problema de acomodación, en el que los rayos no se concentran adecuadamente en la retina.
 - a) ¿Qué estructura del ojo es la que falla en su funcionamiento?
 - b) ¿En qué consiste esa falla?

Formación de imágenes

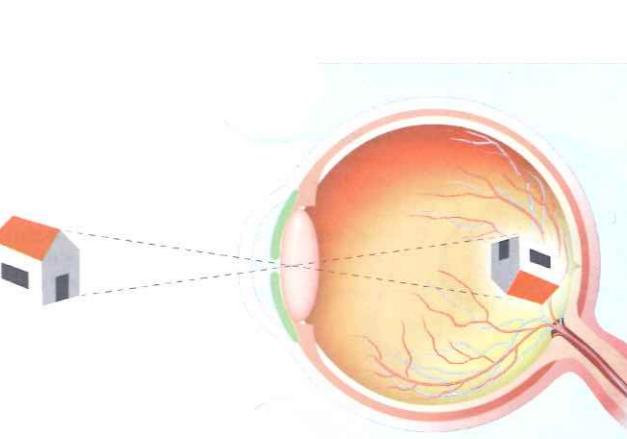
La formación de las imágenes se produce en la retina; se trata de un proceso muy complejo que se inicia con la entrada de luz en el globo ocular (figura 11-7). La córnea refracta (desvía) los rayos de luz, y luego los músculos que rodean al cristalino ajustan su forma. Los rayos de luz crean una *imagen real* en la retina, de menor tamaño e invertida. Los fotorreceptores convierten esa imagen en impulsos nerviosos que llegan al cerebro, donde la imagen se endereziza por un complejo mecanismo neurofisiológico.

¿A qué se debe que durante la noche no vemos los vivos colores de los objetos, y que, por lo contrario, todo aparece en tonos de gris, como una película en blanco y negro? La respuesta podemos encontrarla en las células receptoras de la retina: los conos y los bastones. Los **conos** captan una gran gama de colores pero sólo se activan con luz intensa. Los **bastones**, en cambio, se activan incluso con poca intensidad lumínosa, pero no pueden discernir los colores.

La necesidad de usar ambos ojos

C Observá algún objeto pero cerrá y abrí uno y otro ojo en forma alternativa. ¿Qué sucede?

La **visión binocular** o **estereoscópica** resulta de integrar la visión de ambos ojos (figura 11-8). Esa integración nos permite distinguir los **detalles**, la **forma** y el **volumen** de los objetos y apreciar la **distancia** entre ellos.



▲ Fig. 11-7. Esquema que muestra la formación de imágenes.

- C** 5. ¿Qué significa que la visión binocular resulta de la integración de la visión de ambos ojos?

A partir de la mitad izquierda de cada ojo, la información llega al hemisferio izquierdo del cerebro, y a partir de la mitad derecha de cada ojo, la información llega al hemisferio derecho del cerebro. Para eso, algunas fibras nerviosas cruzan de derecha a izquierda y de izquierda a derecha formando el **quiasma óptico**. Como esto sólo es posible si ambos ojos trabajan juntos, desde etapas tempranas en la vida, los niños con **estrabismo** (dificultad para alinear correctamente los ojos) pueden tener algunas dificultades. Hasta los años 70 no se consideraba urgente el tratamiento del estrabismo y se lo solía retrasar hasta los cuatro años o más. Pero a esa edad ya puede ser muy tarde, de acuerdo con las investigaciones de David Hubel y Torsten Wiesel, por las que recibieron el Premio Nobel de Medicina en 1979. Ellos descubrieron que existe un período crítico poco después del nacimiento durante el cual es necesario el aporte de señales al cerebro para que la visión se desarrolle en forma correcta. Ese período crítico se extiende hasta los cuatro o seis años de edad. Gracias a los conocimientos actuales sabemos que la visión normal puede ser restaurada si el tratamiento comienza antes de los tres o cuatro años y por eso los niños que tienen defectos en la visión deben ser atendidos lo antes posible, sea con lentes o cirugía. Los niños con estrabismo que no reciben tratamiento precoz pueden padecer **ambliopía** (pérdida parcial o total de la visión sin ningún defecto aparente).

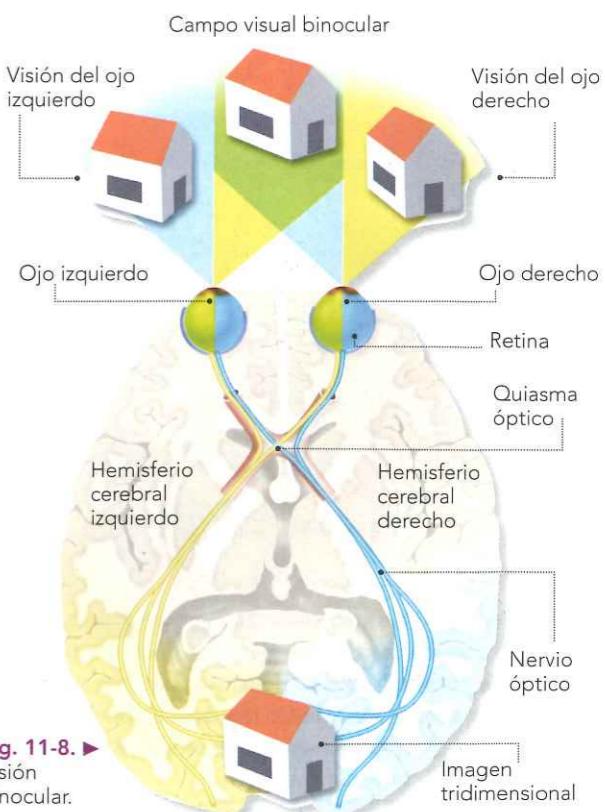


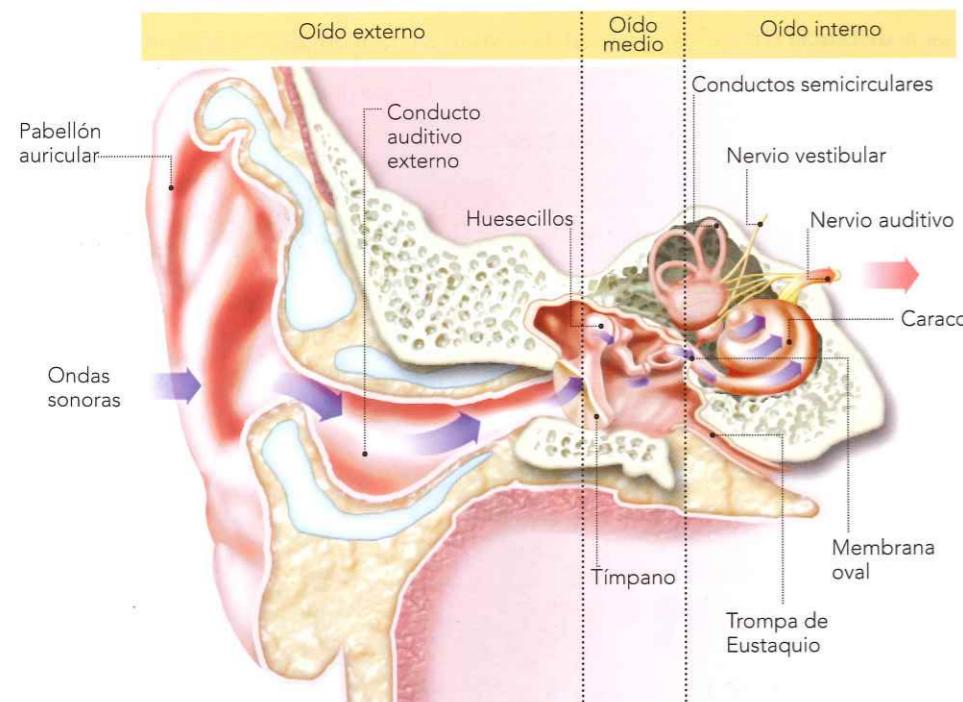
Fig. 11-8. ▶ Visión binocular.

Mecanorrecepción: el oído

¿Cómo llega el sonido hasta los oídos? Recordá que el sonido viaja en forma de ondas que, al chocar con un objeto, pueden provocar su movimiento. Los mecanorreceptores del oído captan los movimientos producidos por las ondas sonoras que ingresan por la oreja.

Para estudiar el oído y comprender cómo se organizan y funcionan las estructuras que lo forman, se lo suele dividir en **oído externo, medio e interno**, como se ve en la figura 11-9. El oído medio y el interno se ubican dentro del hueso temporal del cráneo.

- El oído externo está formado por la oreja o **pabellón auricular** y el **conducto auditivo externo**; éste cuenta con glándulas productoras de cera y pelos que protegen de la entrada de partículas extrañas.
- El oído medio está formado por el **tímpano**, una membrana flexible, y una cadena de tres **huesecillos** (martillo, yunque y estribo) articulados entre sí y con posibilidad de movimiento. La **trompa de Eustaquio** es un conducto que comunica el oído medio con la faringe, así la presión del aire se mantiene igual a ambos lados del timpano.
- El oído interno consta del **caracol óseo**, que está excavado en el hueso, dentro del cual hay un **caracol**



6. Explicá a qué se debe:

- A veces pueden formarse tapones de cera que, si se pegan en el tímpano, impiden escuchar correctamente.

membranoso. Entre ambas estructuras se encuentra un líquido llamado **perilinfá**, y dentro de las paredes membranosas se ubica otro líquido, la **endolinfa**. Para interpretar esta estructura podemos pensar en un cilindro dentro de otro, ambos enroillados como un caracol y con líquido que llena los espacios entre sus paredes.

Las células receptoras de los sonidos son ciliadas y se encuentran dentro del caracol, más específicamente en el **órgano de Corti**. El recorrido de las ondas sonoras hasta el oído interno consta de varias etapas:

1. Las ondas sonoras ingresan por la oreja y provocan la vibración de la membrana del tímpano.
2. La vibración del tímpano pone en movimiento la cadena de huesecillos.
3. El movimiento del último huesecillo mueve la **membrana oval**, que lo separa del líquido contenido en el caracol. Así, se generan ondas que se propagan por el líquido.
4. Las ondas del líquido son captadas por los receptores y las convierten en señales eléctricas.
5. El **nervio auditivo** conduce las señales hasta el cerebro, que las interpreta y nos permite oír un sonido.

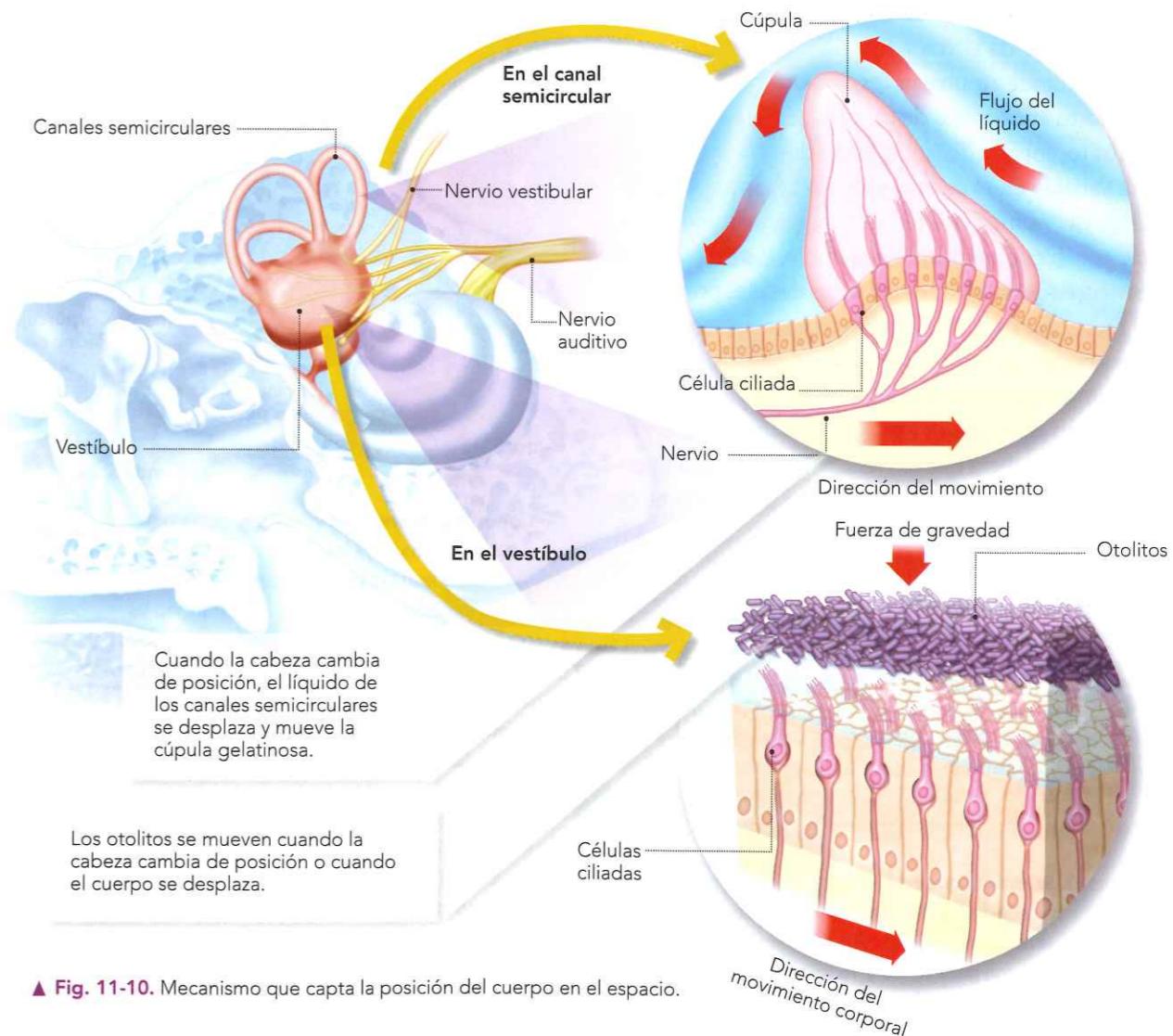
► ¿Dónde suponés que se colocan los implantes cocleares mencionados en la página 135?

Mantener el equilibrio

Si alguna vez sufriste de vértigo habrás notado que no es nada agradable. En esa situación, a la persona le parece que todo se mueve a su alrededor, que no puede caminar sin tambalearse y siente que se cae. Sería insopportable vivir así. Pero eso no ocurre ya que el oído, además de desencadenar sensaciones auditivas, se encarga de otro sentido: el del **equilibrio**.

Como podés observar en las figuras 11-9 y 11-10, en el oído se encuentran, además del nervio auditivo, el **nervio vestibular**, que transmite señales generadas a partir de la posición de nuestro cuerpo en el espacio. Así el cerebro recibe información que le indica si estamos parados

o acostados, y también si estamos quietos o desplazándonos. Esta función se vincula con la actividad de dos estructuras que forman parte del oído interno: el **vestíbulo** y los **canales semicirculares**. En la figura 11-10 se muestra cómo funcionan ambas estructuras, para captar nuestra posición en el espacio. Observá que tanto en el vestíbulo como en los canales semicirculares hay células receptoras ciliadas. En ambos casos, las células están tapizadas por una sustancia gelatinosa que, en los canales semicirculares, forma una cúpula. En el vestíbulo, además, se localizan los **otolitos**, nombre que significa "piedras del oído"; son pequeños gránulos de carbonato de calcio apoyados sobre una superficie gelatinosa.



▲ Fig. 11-10. Mecanismo que capta la posición del cuerpo en el espacio.

- Ubicá en la figura 11-9 las estructuras encargadas del sentido del equilibrio.
- ¿Es posible que una afección del oído provoque vértigo? ¿Por qué?
- La intensidad del sonido se mide en decibeles (dB).

La menor intensidad audible para el ser humano es de 10 dB, y equivale al sonido suave que producen las hojas de un árbol. Averiguá a partir de qué valor el oído puede padecer daños irreversibles y mencioná ejemplos.

Mecanorrecepción y termorrecepción: el tacto

La piel es el órgano más grande de nuestro cuerpo y en un adulto puede tener una superficie de 1,5 a 2 m². En cada centímetro cuadrado se estima que hay unos quinientos receptores denominados **terminaciones nerviosas sensitivas**. Pero éstos no son todos iguales y nos permiten captar estímulos diferentes capaces de desencadenar muchas sensaciones: de contacto, presión, temperatura y dolor.

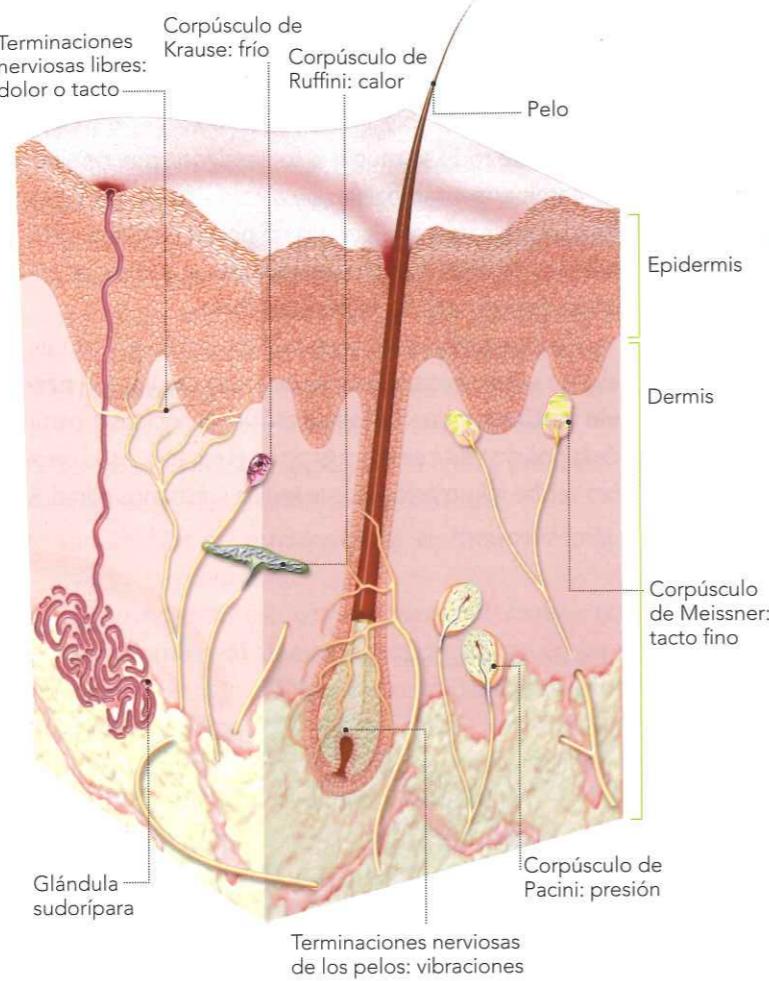
Observá la figura 11-11 que representa un corte de la piel. La **epidermis** es la capa más superficial. Sus células contienen una sustancia denominada **melanina**, que es la que da el color. Por debajo se encuentra la **dermis**, donde se ubican los vasos sanguíneos y los receptores encargados de captar diferentes estímulos.

Los receptores de la piel están distribuidos de manera variable en el cuerpo y, como la sensibilidad depende del número de receptores, algunas zonas son más sensibles que otras. Por ejemplo, los corpúsculos de Meissner, con los que captamos detalles por medio del tacto, son muy abundantes en los extremos de los dedos de las manos, pero escasos en la espalda.

Como habrás notado en la ilustración, no existe un único tipo de receptor que capte tanto calor como frío. Esto se debe a que los receptores captan diferencias de temperatura: mientras que los receptores de frío detectan si la temperatura externa es inferior a la de nuestro cuerpo, los receptores de calor detectan si la temperatura externa es superior.

Helen Keller (1880-1968). Colaboró en la creación de la Fundación Americana para los Ciegos. Después de su muerte se creó una organización que lleva su nombre y que actualmente es una de las más grandes que trabajan con personas ciegas de todo el mundo.

- c** 10. Se estima que en la piel humana existen alrededor de 4 millones de receptores para la sensación de dolor, 500 mil para la presión, 150 mil para el frío y 16 mil para el calor. ¿Qué conclusión podrías sacar a partir de esta información?
- c** 11. Investigá en qué consiste el sistema Braille.
- c** 12. ¿Existe en la Argentina alguna institución que se dedique a la atención de las personas con sordoceguera? Para averiguarlo te proponemos leer la entrevista del final de esta sección.



▲ Fig. 11-11. Corte de piel.

profundización

Conocer el mundo sin ver ni oír. Es poco habitual que prestemos atención a los olores, las texturas o los sabores que nos rodean, porque nos manejamos básicamente con la vista y el oído, y damos poca importancia a las posibilidades que nos brindan los demás sentidos para conocer el mundo. Por eso, resultan extraordinarios los logros alcanzados por Helen Keller, quien a los 19 meses de edad perdió la visión y la audición, como consecuencia de una fiebre que casi provoca su muerte. Es difícil imaginar cómo puede desarrollarse y comunicarse quien perdió la capacidad de oír y de ver. Pero lo que parecía imposible, Helen lo logró gracias a Anne Sullivan, su tutora. Ella le enseñó el lenguaje manual, generando señales por contacto con la palma. Así, Helen aprendió a reconocer letras, palabras y frases enteras, que le permitieron expresar deseos o ideas. Más tarde, se convirtió en escritora y en una reconocida beneficiaria de los discapacitados. Este notable desarrollo se debió en gran medida a su determinación, a su maestra y a su familia. Pero también muestra que cuando un sentido, o dos como en este caso, está ausente, otro sentido como el tacto puede compensar, al menos en parte, la pérdida. En la entrevista de "Nuestra gente" de esta sección encontrarás más información sobre este tema.

Receptores en los animales

La captación e interpretación de los estímulos es vital para todos los animales, porque de lo contrario cómo harían para encontrar alimento, pareja o huir de los posibles predadores. Pero si bien los humanos compartimos nuestros sentidos con otros seres vivos, algunos de ellos tienen capacidades sensoriales que nosotros no tenemos.

Sentidos compartidos

Al igual que nosotros, los perros ven y oyen, pero aunque no ven bien los colores, poseen un olfato y un oído más agudos que el de las personas. Por eso, en lugar de detenerse a mirar, ellos escuchan y huelean. ¿Qué sucede en otros animales?



▲ Fig. 11-12.



▲ Fig. 11-13.



▲ Fig. 11-14.



Fig. 11-15. ▶

Fig. 11-12. Las mariposas hembra, entre otros animales, producen feromonas. Los machos encuentran a las hembras gracias a quimiorreceptores en sus antenas, con los que "huelean" las feromonas.

Fig. 11-13. Las moscas tienen, en sus patas, quimiorreceptores, que captan sustancias como azúcares y sales. "Saborean" el alimento parándose sobre él.

Fig. 11-14. Las serpientes sacan su lengua para recoger partículas dispersas en el aire y llevarlas a dos cavidades ubicadas en el paladar, que tienen quimiorreceptores. "Huelen" el ambiente de este modo en lugar de usar sus orificios nasales.

Fig. 11-15. Los peces tienen un fino canal a cada lado del cuerpo, llamado **línea lateral**, que posee mecanorreceptores. Con ellos captan el movimiento del agua que producen sus potenciales predadores al nadar cerca, un mecanismo similar al de nuestro oído interno.

Fig. 11-16. Los murciélagos y los delfines comparten el sentido de la **ecolocalización**. Éste consiste en emitir sonidos que rebotan sobre los objetos, y luego en captar el eco que se produce, algo similar a las imágenes que se obtienen en una ecografía. Así pueden calcular tamaños y distancias que les permiten evadir los obstáculos y atrapar a sus presas.

Fig. 11-17. Las abejas, como muchos insectos, ven la luz ultravioleta, una gama del espectro de luz que es invisible para nuestros ojos. Muchas flores tienen patrones que atraen a las abejas y que nosotros sólo podemos ver si las fotografiamos con película sensible a la luz ultravioleta.



Fig. 11-16. ▶



Fig. 11-17. ▶



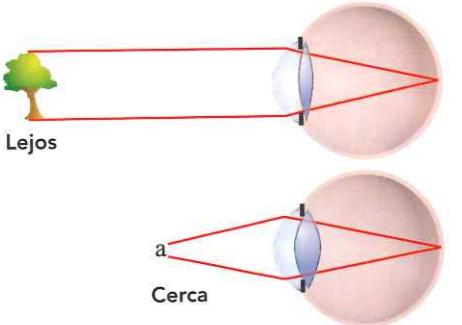
Fig. 11-18. ▶

Fig. 11-18. Las serpientes de cascabel tienen una depresión debajo de cada ojo, la **foseta loreal**, con la que captan radiaciones infrarrojas, que son las que producen calor. Así, también de noche pueden "ver" a sus presas por el calor que emiten sus cuerpos.

Aplicación y análisis

13. Respondé en tu carpeta: ¿qué características tienen en común los órganos de los sentidos y cuáles marcan sus diferencias?

14. Escribí en tu carpeta una explicación de la figura 11-19. Tené en cuenta la distancia del objeto observado, la forma en que se propaga la luz, las modificaciones del cristalino en cada caso y la importancia de este mecanismo.



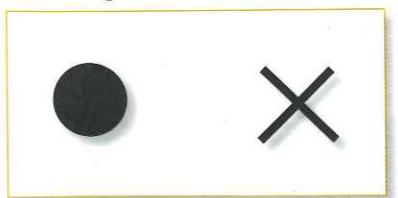
▲ Fig. 11-19. Esquema del funcionamiento del ojo.

15. Una de las enfermedades que afectan la vista es la **catarata**. Consiste en la pérdida de la transparencia del cristalino, lo que provoca disminución de la visión e incluso ceguera. Las personas adultas, aun después de un tiempo de tener catarata, pueden recuperar la vista por medio de una cirugía en la que se reemplaza el cristalino por una prótesis. Sin embargo, cuando un niño nace con catarata debe ser operado lo antes posible porque si no se hace esto es muy probable que sufra de ceguera para siempre.

- a) ¿Cómo influye la alteración del cristalino en la pérdida de la visión por catarata?
- b) ¿A qué se debe que los adultos recuperan la visión por medio de la cirugía, y por qué los niños no operados a tiempo no tendrán la capacidad de ver?

16. Analizá el funcionamiento del ojo. Para realizar la siguiente actividad necesitás una tarjeta de 8 x 13 cm y un marcador.

- 1.º Marcá un punto y una cruz en la tarjeta, como muestra la figura 11-20.



▲ Fig. 11-20.

2.º Sujetá la tarjeta a la altura de los ojos, con la cruz a la derecha, a la distancia de tu brazo estirado.

3.º Cerrá el ojo derecho y mirá la cruz con el ojo izquierdo a medida que acercás lentamente la tarjeta hacia la cara.

4.º Repetí la operación, pero ahora cerrando el ojo izquierdo y mirando el punto con tu ojo derecho.

Podés repetir la actividad agregando una regla que te permita medir la distancia de la tarjeta a tu cara, y luego comparar tus mediciones con las que obtuvieron otros compañeros.

- a) Relatá los resultados.
- b) ¿Qué característica del funcionamiento de los ojos se pone de manifiesto con esta actividad? ¿Cómo se explica esa característica?

17. Observá uno de los ojos de un compañero, prestándole atención al diámetro de su pupila. Luego, iluminá el ojo con una linterna. Repetí la operación varias veces, con el ojo iluminado y sin iluminar.

- a) El fenómeno que observaste se denomina **reflejo fotomotor**. ¿Cómo lo describirías?
- b) ¿Sucede lo mismo con la pupila del ojo que no se está iluminando? ¿Cuál será su importancia?
- c) ¿Qué supones que ocurriría si este reflejo no existiera en uno de los dos ojos?

18. Se realizó una evaluación auditiva en 55 músicos de una orquesta sinfónica y se recogieron los datos que figuran en el cuadro 11-3. Allí se indican, en porcentajes, los síntomas que manifestaron después de los ensayos individuales y grupales. También se evaluó la aparición de más de un tipo de molestia, lo que ocurrió en el 5,5% de los músicos luego de ensayos individuales, y en el 38% luego de ensayos grupales.

Tipo de molestia	Ensayos individuales	Ensayos colectivos
Sin síntomas	78,2	18,2
Zumbidos	9,1	21,8
Incomodidad	16,3	80
Dolor	3,6	25,4
Vértigo	0	5,5
Otros	1,8	10,9

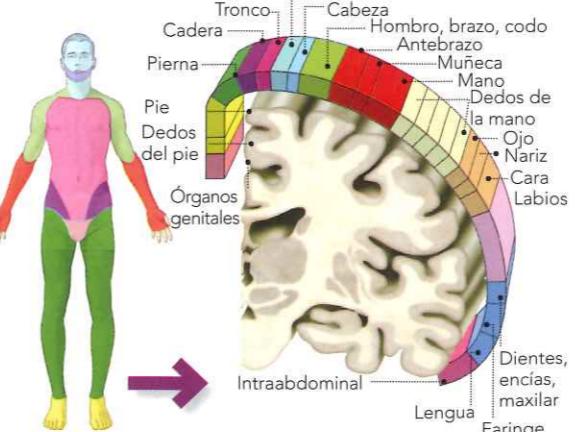
▲ Cuadro 11-3.

- a) ¿Con qué finalidad se habrá realizado el estudio?
- b) ¿Qué conclusiones podés sacar a partir de los resultados registrados?

c) Relacioná los resultados de este estudio con las posibles consecuencias de escuchar música a un volumen muy elevado, y con la necesidad de utilizar auriculares como protección para las personas que trabajan en lugares con mucho ruido, como las pistas de los aeropuertos.

19. En 1930, el cirujano canadiense Wilder Penfield estableció el primer mapa cerebral de las sensaciones del cuerpo humano. Es decir, pudo identificar las regiones del cerebro encargadas de recibir los estímulos provenientes de los diferentes receptores sensoriales. Para poder hacerlo estimuló distintas partes del cerebro con pequeñas descargas eléctricas durante las operaciones que realizaba a pacientes que padecían de epilepsia. El mapa sensorial del cerebro humano se extiende a lo largo de una franja vertical a cada lado del cerebro. Observá la figura 11-21. Este mapa no refleja el tamaño de las partes del cuerpo sino la sensibilidad de cada una de ellas, es decir que las regiones corporales con más sensibilidad se corresponden con una mayor superficie en el cerebro. En la ilustración, la figura humana muestra el código de colores que representan las diferentes regiones corporales en el mapa sensorial (tené en cuenta que no están representados los colores de la cabeza por una cuestión de tamaño) y, a su derecha, la distribución de ese mapa sobre la superficie del cerebro. Resolvé las consignas.

- a) ¿Qué parte de nuestro cuerpo posee mayor sensibilidad, y cuál es la menos sensible?
- b) Compará la sensibilidad de los brazos y de las piernas.
- c) Compará la sensibilidad de los dedos de las manos y de los pies.
- d) Explicá las diferencias.



▲ Fig. 11-21. Mapa sensorial del cerebro humano.

20. Te proponemos fabricar un juego: el **taumatótropo**, creado por el doctor John Ayton en 1825. Con él

pueden experimentar acerca del funcionamiento de nuestra vista (figura 11-22).

Necesitás: una cartulina; tijeras; lápices de colores; hilo.

1.º Dibujá un círculo de tamaño mediano y recortalo.

2.º En una cara del círculo dibuja un pájaro pequeño, y en la otra, una jaula grande.

3.º Luego, con la ayuda de un lápiz o una tijera, hacé un agujero a cada lado del círculo y atá un hilo largo en cada uno.

4.º Finalmente, da vuelta los hilos hasta que estén bien retorcidos y tirá de las dos puntas.

a) ¿Qué sucedió al poner en funcionamiento el taumatótropo?

b) ¿Qué característica del funcionamiento de los ojos provoca ese resultado?



▲ Fig. 11-22.

Organización de la información

21. Releé el cuadro de la página 136 y organizá la información que presenta en forma de un mapa conceptual. Si lo creés necesario, incluí otros conceptos para enriquecer el mapa.

Investigación

22. Investigá cómo se indaga la agudeza visual y algunas causas que puedan disminuirla.

23. La identificación de los sabores no está solamente a cargo del sentido del gusto sino que tiene otros colaboradores. Existe otro mecanismo quimiosensorial que forma un sistema en donde miles de terminaciones nerviosas son responsables, por ejemplo, de la sensación de frescura del mentol o de la irritación de las sustancias picantes, aunque parece que estas sensaciones se relacionan más con el frío y el dolor. Investiga con tu grupo cuáles son los últimos conocimientos que se tienen al respecto.

Capítulo 12

Control, regulación e integración de funciones

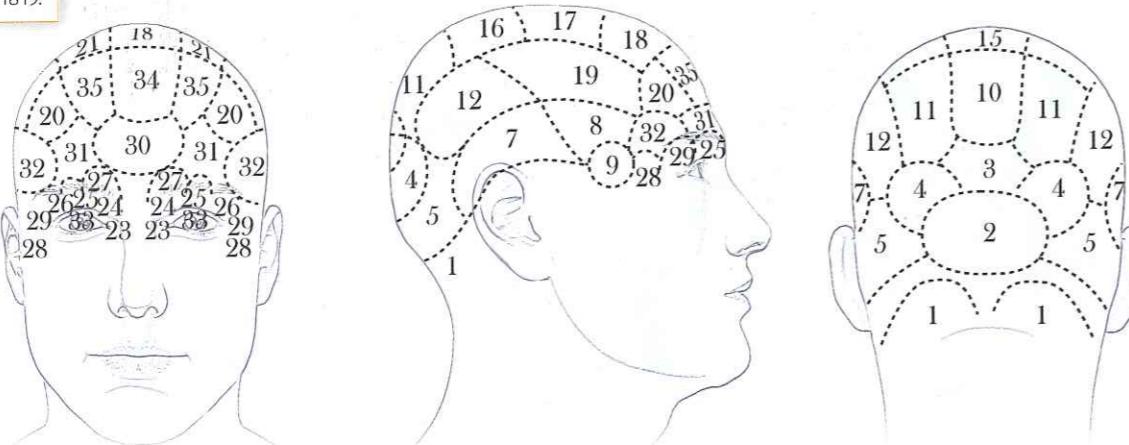


ayer

146

Francis Joseph Gall (1758-1828)

Anatomista austriaco. Se dedicó al estudio del sistema nervioso, especialmente el cerebro, incorporando sus investigaciones en cuatro volúmenes y un atlas que apareció de 1810 a 1819.



▲ Fig. 12.1. Esquemas que muestran las regiones del cráneo que Gall asignaba a las diferentes aptitudes y conductas humanas. Una protuberancia prominente en la zona 7, por ejemplo, era relacionada con la criminalidad.

Mapas cerebrales y algo más. En pleno auge de la frenología continuaron las investigaciones sobre el cerebro, lo cual no fue tarea fácil. Una alternativa era realizar autopsias a pacientes que presentaban ciertas dificultades tratando de relacionarlas con alguna lesión cerebral. Así, en 1871, Paul Broca vinculó una zona en la región frontal izquierda del cerebro con el control de la articulación del lenguaje hablado. Este hallazgo marcó el inicio del **mapeo cerebral**, que llevó a identificar regiones en la superficie cerebral vinculadas con los movimientos y las sensaciones. Pero también resultaba interesante conocer la estructura microscópica del cerebro. El primer aporte lo hizo el científico español Santiago Ramón y Cajal, quien en 1888 descubrió la existencia de unidades celulares funcionales, las **neuronas**.

Imágenes del cerebro en acción

→ hoy

Durante siglos los científicos soñaron con "mirar" el cerebro humano en el momento en que realiza varias actividades; por ejemplo, mientras una persona ve, oye, huele, prueba o toca algo. Actualmente, mediante muchas técnicas de análisis de imágenes tales como la PET (tomografía por emisión de positrones) y la fMRI (resonancia magnética funcional), se pueden observar los cerebros humanos en acción.

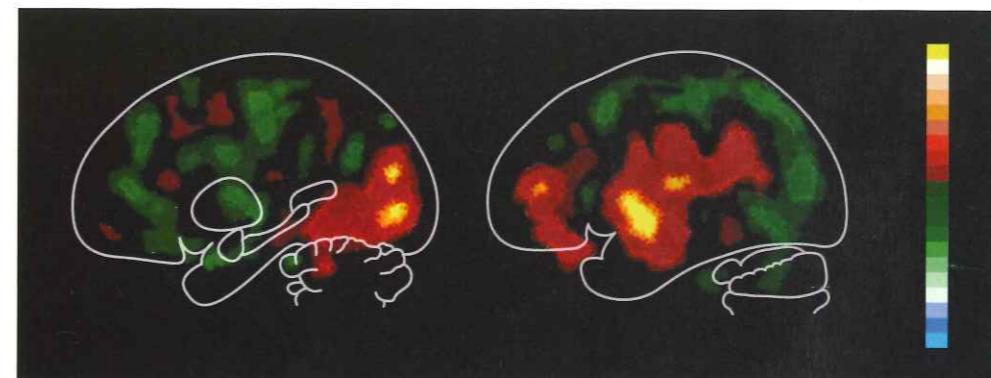
Para crear imágenes por PET, los investigadores aplican inyecciones de agua radiactiva a voluntarios y luego los colocan con la cabeza hacia adelante, en un escáner. Como la actividad del cerebro implica un aumento en el flujo de sangre, más sangre, y por lo tanto más agua radiactiva, corre por las áreas de los cerebros de los voluntarios, que son más activas, mientras ven o escuchan palabras. Por consiguiente, aumenta el registro de la radiación en el escáner PET. Esto les permite a los científicos construir imágenes electrónicas de la actividad del cerebro, a lo largo de cualquier "sección" deseada (figura 12-2).

La técnica de fMRI, por su parte, no requiere el uso de materiales radiactivos y produce imágenes de gran resolución. En este sistema, un imán gigantesco rodea la cabeza de un individuo, y los cambios en la dirección del campo magnético inducen a los átomos de hidrógeno, presentes en el cerebro, a emitir señales de radio. Estas señales aumentan cuando el nivel de oxígeno de la sangre sube, indicando qué partes del cerebro son las más activas. Gracias a que el método no es invasivo se pueden hacer centenares de estudios en la misma persona y obtener una información muy detallada acerca de la actividad de un cerebro en particular, y también de su estructura.

Estos y otros estudios permitieron detectar qué zonas cerebrales se activan cuando reciben diferentes tipos de información. Así, pudieron confirmarse, por ejemplo, las zonas vinculadas con los diferentes sentidos descubiertas hace años por otros científicos.



Fuente: Instituto Médico Howard Hughes (HHMI) [en línea]. Escáneres cerebrales que espían los sentidos. www.hhmi.org/senses-esp/e110.html



1. Respondé las preguntas teniendo en cuenta la información de "ayer" y de "hoy".

- A pesar de los errores al plantear su teoría de la frenología, Gall es considerado un precursor en interpretar cómo funciona el cerebro para determinar nuestros comportamientos. ¿Qué similitudes entre sus ideas y las actuales permiten hacer esa afirmación?
- ¿Qué importancia tuvieron los aportes de Broca y de Ramón y Cajal en el conocimiento del funcionamiento cerebral?
- ¿Qué ventajas tiene la PET para estudiar el funcionamiento del cerebro, en relación con las anteriores metodologías empleadas?
- ¿Por qué la fMRI es una técnica más ventajosa que la PET para estudiar el funcionamiento cerebral?

147

Síntesis

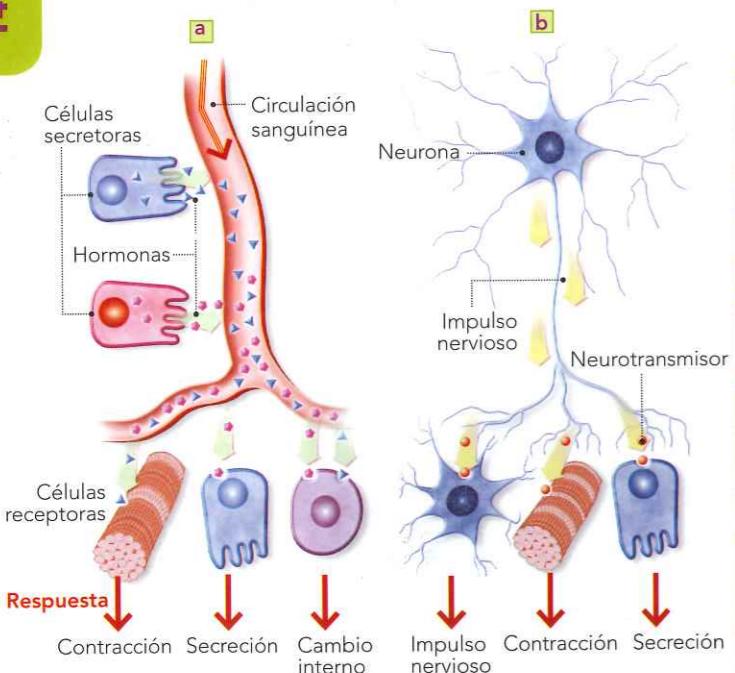
Capítulo 12

Fig. 12-2. La ilustración representa las imágenes que se obtienen con un escáner PET. Los colores rojo y amarillo indican las zonas del cerebro que se activan: a la izquierda, cuando se leen palabras, y a la derecha, cuando se oyen palabras.

Los sistemas de control del organismo

En este momento estás leyendo, y tal vez escuchando algunos sonidos que se producen a tu alrededor. Pero además tu corazón late, la sangre circula por tu cuerpo entregando oxígeno y nutrientes a tus células, y el aire ingresa y sale de tus pulmones. Depende del tiempo que pasó desde que comiste, podés tener una alta concentración de glucosa en la sangre, o parte de ella se habrá almacenado en tu hígado para cuando requieras más energía. ¿Cómo logra nuestro cuerpo que todo ocurra, de manera simultánea y adecuada? La respuesta está en la acción de los **sistemas nervioso y endocrino**. Ambos reciben información y envían mensajes a todo el cuerpo, pero lo hacen de un modo diferente (figura 12-3).

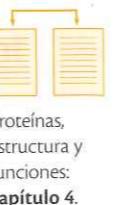
148



▲ Fig. 12-3. Control endocrino (a) y control nervioso (b).

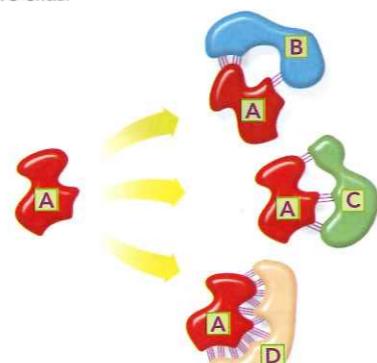
- c**
- Confeccioná un cuadro comparativo entre los sistemas endocrino y nerviosos. Para hacerlo, tené en cuenta: el tipo de mensaje, cómo viaja ese mensaje por el cuerpo, y el tipo de respuesta que puede provocar.
 - Utilizá la analogía con la llave y la cerradura para explicar la siguiente afirmación: cada receptor es específico para un tipo particular de hormona.

- El control endocrino se lleva a cabo por medio de **hormonas**. Estas sustancias viajan por la sangre llevando mensajes químicos hasta las **células blancas** (que tienen ese nombre no por su color sino porque a ellas "apuntan" las hormonas). Según las células sobre las que actúen, las hormonas pueden desencadenar respuestas diferentes, como la contracción de un músculo, la secreción de alguna sustancia o cambios en la actividad celular.
- El sistema nervioso, en cambio, ejerce su control a través de **impulsos nerviosos**, mensajes eléctricos que viajan a través de células especiales: las **neuronas**. Además, el sistema cuenta con sustancias químicas denominadas **neurotransmisores**, que permiten la transmisión de los impulsos entre algunas neuronas. Las respuestas también dependen de las células a las que llegue la información.



profundización 19

Mensajeros y receptores, como llaves y cerraduras. Por nuestro cuerpo circulan millones de moléculas de lo más variadas, que transmiten mensajes como las hormonas y los neurotransmisores. ¿Cómo es posible que cada una de ellas actúe en un lugar y no en otro? Cada molécula tiene una forma tridimensional particular y, como se ve en la figura 12-4, a causa de esto, algunas moléculas encajan perfectamente entre sí, mientras que otras no. Algo similar a lo que sucede cuando probamos diferentes llaves en una cerradura. Algunas moléculas, llamadas **receptores**, están presentes en las células; entonces, por ejemplo, cada hormona que circula por la sangre encaja o tiene afinidad con los receptores presentes en algunas células. En consecuencia, sólo actúa sobre ellas.



▲ Fig. 12-4. Por su forma tridimensional, la molécula A sólo encaja o tiene afinidad con la molécula D.

El control nervioso

Para realizar algunas de sus actividades, tu cuerpo no puede tomarse demasiado tiempo. Pensá, por ejemplo, cuando practicás algún deporte que requiere que te pongas en movimiento rápidamente para devolver una pelota. Este tipo de control de actividades que se desencadenan en forma rápida y son de corta duración (de milisegundos a minutos) lo ejerce el sistema nervioso, ya que los *impulsos eléctricos que genera pueden viajar a gran velocidad a través de los nervios*. Ahora bien, no todas las actividades de tu cuerpo requieren que pienses en ellas para que ocurran. Por eso se habla de dos tipos: **voluntarias e involuntarias**. Las actividades voluntarias, como masticar, son las que decidís realizar. En cambio, las involuntarias, como respirar, ocurren sin necesidad de pensar en ellas.

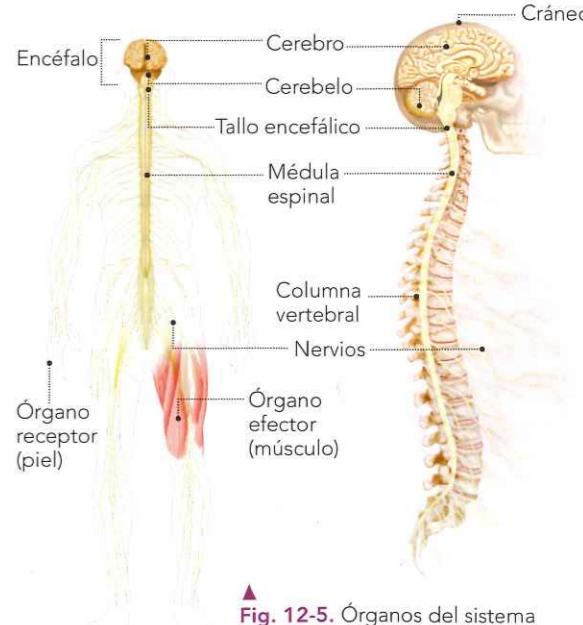
Como viste en el capítulo 11, nuestro cuerpo tiene receptores que le permiten captar estímulos, es decir, información que puede proceder del exterior del organismo o del interior, como la cantidad de agua o la temperatura corporal. El sistema nervioso utiliza esa información, la procesa y elabora las respuestas. ¿En dónde ocurre todo esto? ¿Cómo se convierten en impulsos nerviosos, y cómo esos impulsos llegan a los diferentes lugares del cuerpo para ejercer su control? Para entenderlo debemos considerar, por

un lado, las estructuras que forman este sistema, y por otro, el tipo de control que ejercen esas estructuras.

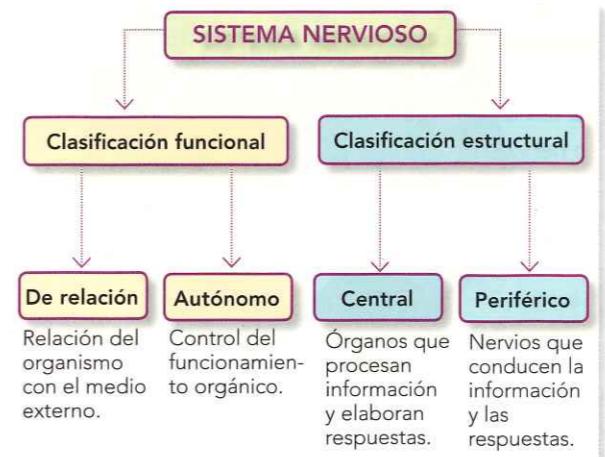
Para facilitar este estudio se suele clasificar el sistema nervioso según dos criterios, que se muestran en el cuadro 12-1.

Observá en la figura 12-5 los principales órganos que constituyen el **sistema nervioso central**: cerebro, tallo encefálico y cerebelo, que en conjunto forman el encéfalo y la médula espinal. El **sistema nervioso periférico** está constituido por los nervios distribuidos por todo el cuerpo.

Observá también que en la misma figura se muestra un ejemplo de **órgano receptor**, como la piel, encargado de captar estímulos, y un ejemplo de **órgano efector**, un músculo, que pone de manifiesto las respuestas generadas por el sistema nervioso. Todas estas estructuras permiten plantear el funcionamiento básico del sistema nervioso mediante un esquema sencillo (figura 12-6). Figuran, además, la **vía sensitiva** y la **vía motora**, por donde se conducen la información y la respuesta, respectivamente.

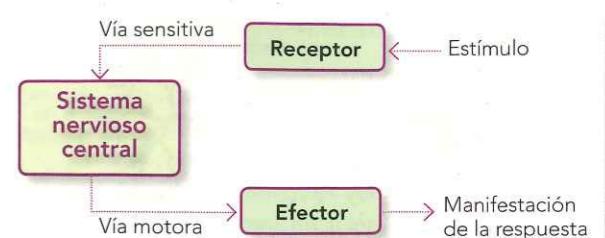


▲ Fig. 12-5. Órganos del sistema nervioso. También se incluye un receptor de estímulos y un efector de las respuestas nerviosas.



▲ Cuadro 12-1. Clasificaciones funcional y estructural del sistema nervioso.

- c**
- Observá la figura 12-6 y resolvé.
 - Proponé un ejemplo indicando el estímulo, el receptor, el efector y la respuesta correspondientes.
 - ¿Qué estructuras del sistema nervioso constituyen las vías sensitiva y motora?



▲ Fig. 12-6. Esquema general del funcionamiento del sistema nervioso.

149

Capítulo 12

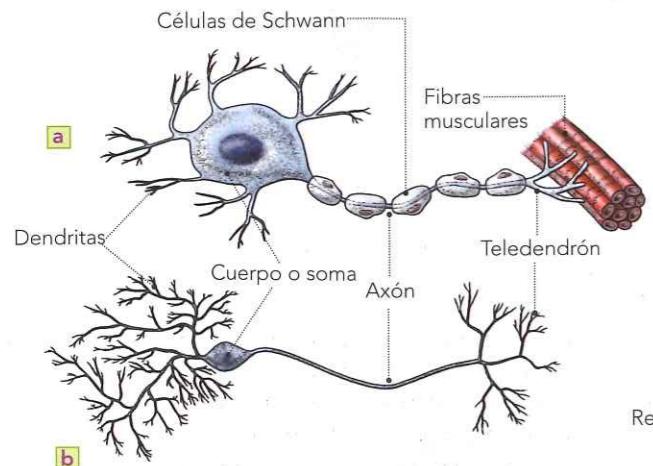
Las neuronas y las células gliales

Si hay células que resultan sorprendentes, tanto por su forma como por su función, éas son las **neuronas**. Poseen dos tipos de prolongaciones: las **dendritas**, cortas y numerosas, a través de las cuales los estímulos ingresan en el **cuerpo neuronal o soma**, y el **axón**, por lo general único y cuya longitud puede alcanzar hasta un metro, que conduce los impulsos nerviosos hacia otra neurona. Observá la figura 12-7. Desde el punto de vista funcional existen tres tipos de neuronas: **sensitivas** (captan y conducen estímulos), **motoras** (elaboran respuestas a los estímulos y las conducen) e **interneuronas** (conducen impulsos entre las neuronas).

En el tejido nervioso hay otras células, denominadas en conjunto **células gliales**, que no transmiten mensajes. Algunas se encargan de eliminar las neuronas que mueren permanentemente; otras actúan como puentes entre los vasos sanguíneos y las neuronas, así toman los nutrientes de la sangre y se los ceden a las neuronas que los necesitan. También hay células gliales que producen una sustancia grasa denominada **mielina**. Esas células (de Schwann) se enrollan sobre los axones de algunas neuronas y forman una cubierta de mielina que aumenta la velocidad de conducción del impulso nervioso.

La transmisión del impulso nervioso

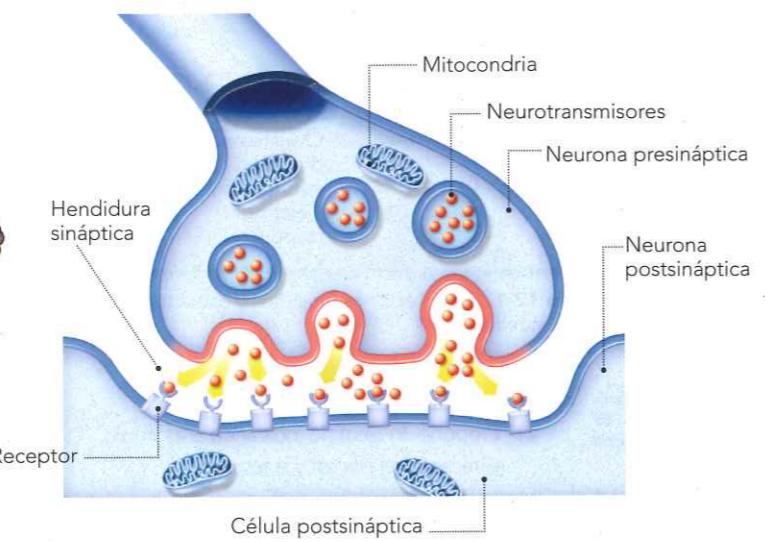
Los órganos de nuestro sistema nervioso están formados por millones de neuronas conectadas a modo de una red intrincada que constituye el soporte por el cual circulan los impulsos nerviosos. Esos impulsos se generan por un mecanismo complejo en el que participan



▲ Fig. 12-7. Diferentes tipos de neuronas: a, motora; b, interneurona.

dos iones (átomos cargados eléctricamente): el **sodio** (Na^+) y el **potasio** (K^+), que se encuentran en diferentes concentraciones dentro y fuera de las neuronas. Cuando una neurona recibe un estímulo, se abren los poros presentes en su membrana y los iones pasan a través de ellos. Así, la **diferencia de cargas a ambos lados de la membrana neuronal genera una corriente eléctrica que es el impulso nervioso**. Ese impulso se conduce desde el soma de la neurona hacia el extremo de su axón.

¿Cómo pasa el impulso nervioso de una neurona a otra? Aquí entran en juego las **sinapsis**, que permiten la interacción y comunicación entre las neuronas. Y esta interacción puede ser de dos tipos: eléctrica o química. En las **sinapsis eléctricas** el impulso pasa directamente de una neurona a otra, ya que en esos casos, por ejemplo, el axón de una neurona está en contacto con la dendrita de otra. En cambio, en las **sinapsis químicas** las neuronas no se tocan entre sí, pues existe un espacio entre ellas y por eso se dice que *tienen una relación de contigüidad y no de continuidad* (figura 12-8). En la transmisión del impulso nervioso en este tipo de sinapsis participan los **neurotransmisores**, proteínas producidas en el cuerpo neuronal, que se almacenan dentro de vesículas en el extremo del axón. Cuando el impulso nervioso llega hasta el extremo del axón debe sortear la **hendidura sináptica**. Los neurotransmisores, que son liberados a partir de la fusión de la membrana de las vesículas con la membrana de la **neurona presináptica**, atraviesan el espacio sináptico y se unen a los receptores presentes en la **neurona postsináptica**. Esa unión regenera en la segunda neurona el impulso nervioso que continúa su recorrido.



▲ Fig. 12-8. Detalle de una sinapsis química.



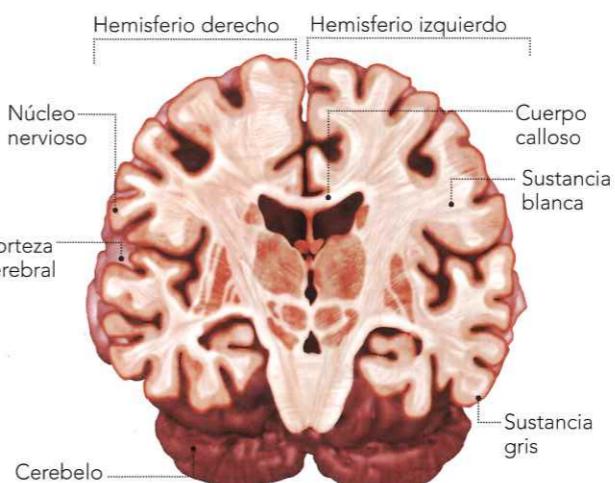
Transporte de sustancias desde y hacia las células:
capítulo 5.

El sistema nervioso central

Si quisieras hacer una lista con todas las actividades que realizás en un día, seguramente sería bastante larga. Y eso sin contar todas las cosas que hacés y no requieren pensar en ellas, como respirar, digerir los alimentos, o variar la frecuencia de latidos de tu corazón. Todas las posibilidades que nos brinda el sistema nervioso se deben a su gran complejidad, que no radica simplemente en el enorme número de neuronas que lo forman sino en cómo están organizadas. Así, en los órganos del sistema nervioso central pueden diferenciarse zonas de **sustancia gris**, en donde se concentran los cuerpos neuronales y los axones amielínicos, y zonas de **sustancia blanca**, donde se concentran los axones cubiertos de mielina (que les da dicho color).

La sustancia gris forma dos tipos de estructuras: los **núcleos nerviosos**, en el interior de los órganos del encéfalo y de la médula espinal, y la **corteza cerebral**, ubicada en la superficie del cerebro. La figura 12-9 muestra la distribución de sustancia gris y blanca en el cerebro.

Los núcleos nerviosos del encéfalo reciben información, como la temperatura corporal, y también controlan actividades, como la contracción y dilatación de los vasos sanguíneos, relacionadas con la función autónoma

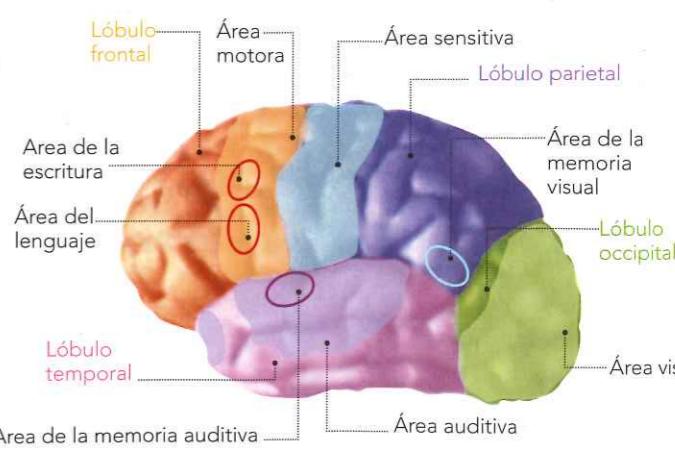


▲ Fig. 12-9. Corte transversal del cerebro.

del sistema nervioso. Los núcleos nerviosos de la médula espinal, por su parte, controlan algunos movimientos, como el que se produce al golpear la rodilla. Estos ejemplos constituyen respuestas **reflejas**, que son **involuntarias** y se consideran **inconscientes**, porque no provienen de la corteza cerebral.

El “mapa cerebral” de la figura 12-10 muestra las principales áreas de la corteza cerebral, cada una con funciones particulares. Hoy se sabe que *nuestras conductas conscientes resultan de la integración funcional de esas áreas*, a través de los axones que conectan unas con otras. Por ejemplo, para interpretar una pregunta que escuchamos, la información debe llegar primero, a través del nervio auditivo, al **área auditiva**, que nos permite oír; luego pasa al **área de la memoria auditiva**, que es el lugar donde se almacenan los sonidos y los significados de las palabras.

Pero, además, nuestro cerebro está constituido por dos mitades laterales: los **hemisferios**, conectados por un conjunto de axones denominado **cuerpo calloso**. Si observás el cuadro 12-2, vas a notar que cada hemisferio está especializado en ciertas funciones. Por ejemplo, mientras el hemisferio izquierdo recibe información y controla la mitad derecha de tu cuerpo, el hemisferio derecho se encarga de la mitad izquierda. Si bien otras capacidades se asientan en hemisferios diferentes, ambos se complementan en su funcionamiento, enriqueciendo nuestras actividades.



▲ Fig. 12-10. Áreas funcionales de la corteza cerebral. Los colores identifican los diferentes lóbulos en que se divide el cerebro.

- c** 5. A partir de la información del texto explicá el funcionamiento cerebral que te permite reconocer una canción.
6. Además del lenguaje verbal existen otras formas de comunicación, como los gestos. ¿Qué función del cerebro nos permite interpretar ese modo de comunicación?

Hemisferio izquierdo Hemisferio derecho

Control de la mano derecha	Control de la mano izquierda
Lenguaje hablado	Habilidades musicales
Lenguaje escrito	Ubicación espacial
Habilidades numéricas	Habilidades artísticas
Habilidades científicas	Imaginación
Razonamiento	Carga emocional

▲ Cuadro 12-2. Funciones de cada hemisferio cerebral.

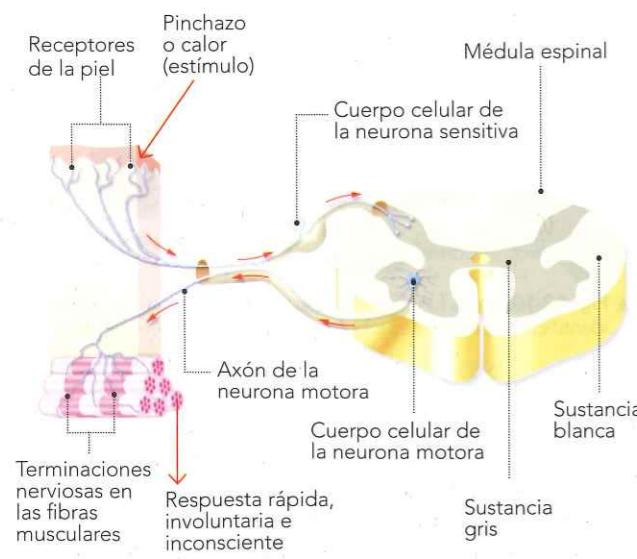
El sistema nervioso periférico

¿Cómo se comunican los órganos del sistema nervioso central con las diferentes partes del cuerpo? Los **nervios** cumplen esa función. Están formados por el conjunto de prolongaciones neuronales. Como hay neuronas motrices y sensitivas, los nervios pueden tener también ambas funciones, pero esto depende de las neuronas que los forman. Además, según la clasificación funcional del sistema nervioso, esos nervios pueden formar parte del **sistema nervioso de la vida de relación o somático**, o del **sistema nervioso autónomo**.

La **función de relación** nos permite captar información del ambiente a través de los sentidos y responder en forma de movimientos que, con excepción de los reflejos, son **voluntarios y conscientes**. ¿Cómo se controlan esos movimientos? De manera similar a lo que ocurre cuando prendemos o apagamos una lámpara: si a un músculo le llega un impulso nervioso, se contrae, y si no le llega, se mantiene relajado.

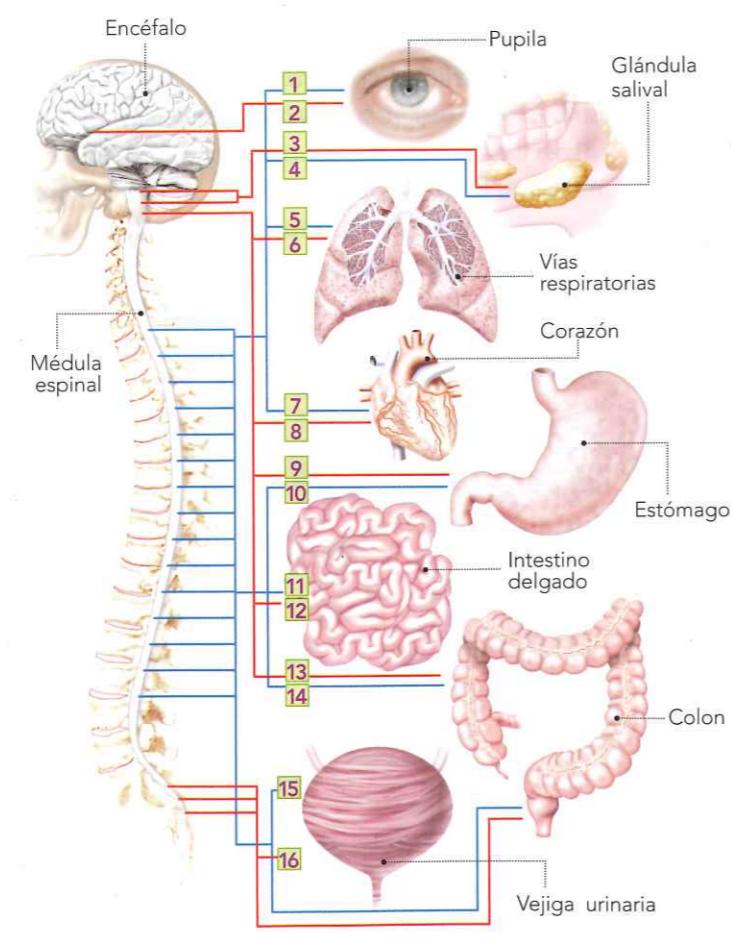
C Observá la figura 12-11, que representa un nervio que se origina en la médula espinal, (es decir, un nervio raquídeo) y tiene función de relación.

- ¿Qué tipo de información conduce?
- ¿Dónde se elabora la respuesta y en qué consiste?
- ¿Cuál es el receptor y cuál el efector?
- ¿Por qué se puede considerar que la actividad representada constituye un reflejo? Para responder, tené en cuenta en dónde se genera la respuesta en este caso.



▲ Fig. 12-11. Componentes de un arco reflejo.

La **función autónoma** controla las actividades de los órganos internos o vísceras, como las contracciones del corazón. En este caso se trata de actividades **involuntarias e inconscientes**. El mecanismo de control es diferente del anterior y lo llevan a cabo dos conjuntos de nervios que forman el sistema **simpático** y el **parasimpático**. Actúan como el acelerador de un auto, que aumenta o disminuye su velocidad. En nuestro cuerpo, el sistema simpático "acelera" algunas actividades, como los latidos del corazón, y "desacelera" otras, como los movimientos del estómago. El sistema parasimpático, por su parte, realiza una acción contraria al anterior. La figura 12-12 muestra el control que ejercen ambos sistemas sobre diferentes órganos internos.



▲ Fig. 12-12. A cada órgano del cuerpo llegan nervios tanto simpáticos (representados en color azul) como parasimpáticos (representados en color rojo), que cumplen funciones opuestas.



Los músculos, propulsores del movimiento: capítulo 13.

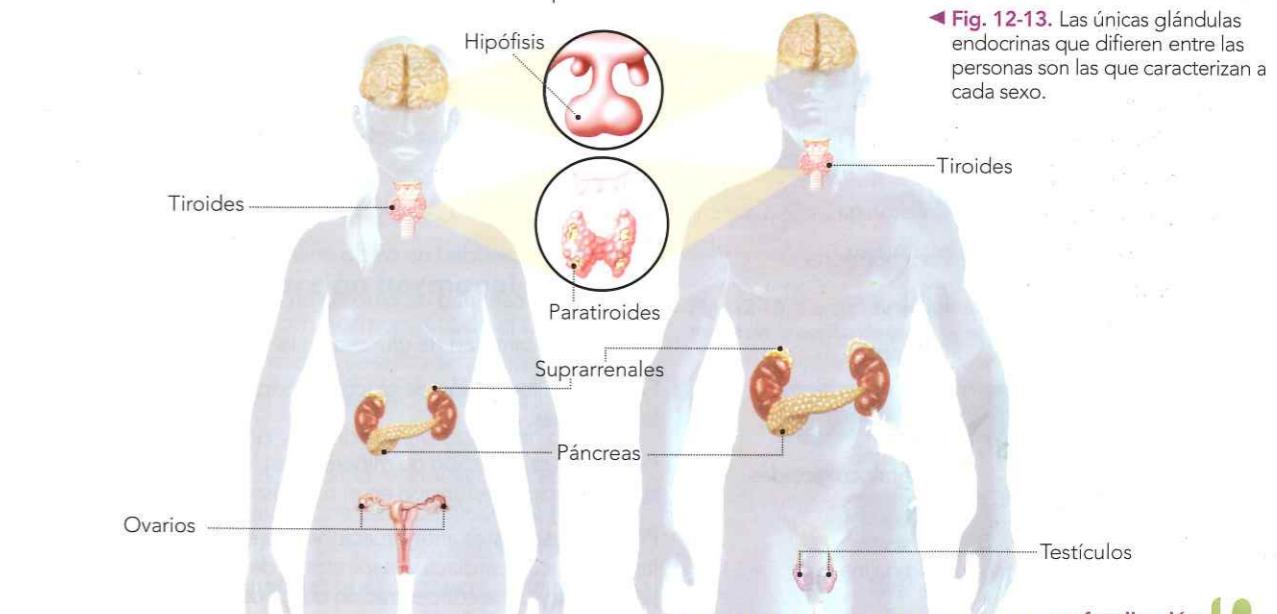
Caracteres sexuales primarios y secundarios: capítulo 16.

Función exocrina del páncreas, digestión: capítulo 7.

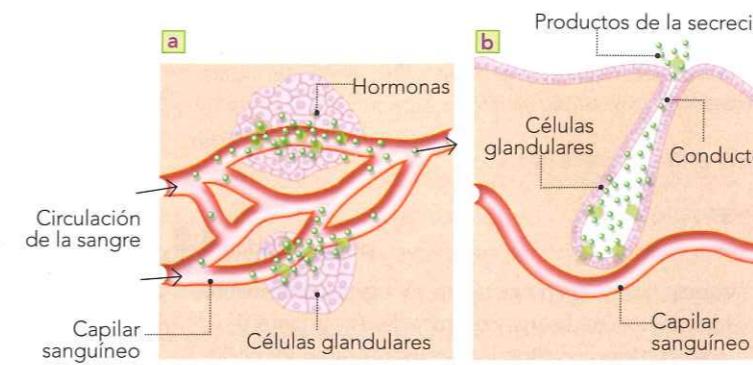
El control endocrino

A tu edad, tu cuerpo ya debe haber experimentado la "explosión hormonal". Esta frase tan común se refiere al inicio, durante la pubertad, de la producción de ciertas hormonas. Ésas que, si sos varón, provocan la aparición de la barba y la modificación de tu voz, y si sos mujer, determinan el crecimiento de tus senos y la aparición de curvas más pronunciadas en tu cuerpo. Sin embargo, esas hormonas sexuales constituyen una pequeña proporción de todas las que produce tu organismo. Una serie de órganos, denominados **glándulas endocrinas**, ubicadas en diferentes partes del cuerpo, se encargan de producir las hormonas (figura 12-13).

Las hormonas pasan de las glándulas al espacio intercelular y desde allí se difunden hacia la sangre para cumplir variadas funciones, desde promover el crecimiento de los huesos y regular la cantidad de agua que retienen los riñones durante la producción de orina, hasta contraer los músculos del útero durante el parto.



◀ Fig. 12-13. Las únicas glándulas endocrinas que difieren entre las personas son las que caracterizan a cada sexo.



▲ Fig. 12-14. Glándula endocrina (a) y glándula exocrina (b).

Pero, si bien la sangre es un buen medio para distribuir estos mensajes químicos por el cuerpo, lo hace a una velocidad menor de la que alcanza el sistema nervioso al distribuir sus mensajes eléctricos. Por eso, las **actividades controladas por el sistema endocrino son de inicio más lento, aunque más duraderas** (de minutos a meses).

Entonces, ¿cómo se ejerce el control endocrino? Comencemos mencionando algunas características de las hormonas:

- Algunas son proteínas y otras son esteroides (un tipo de lípidos).
- La mayoría ejerce su acción sobre un órgano diferente de aquel donde se producen.
- Actúan en concentraciones muy bajas.
- Aumentan o disminuyen la velocidad de ciertas reacciones químicas que ocurren en las células.
- Con el paso del tiempo desaparecen, porque se degradan o porque se eliminan luego de cumplir su función.

Diferentes tipos de glándulas. Toda glándula está formada por células que producen sustancias y las eliminan. Cuando esas sustancias tienen funciones dentro del organismo y se vierten a la sangre, se trata de hormonas, y el órgano que las produce es una glándula endocrina (figura 12-14 a). Pero en nuestro cuerpo también hay **glándulas exocrinas**, cuyos productos no se vierten a la sangre (figura 12-14 b), sino que se liberan por conductos hacia las superficies internas o externas del organismo, como las glándulas sudoríparas de la piel. Las **glándulas mixtas** poseen ambas funciones, como el páncreas, que produce hormonas y también enzimas que, a través de un conducto, llegan hasta el intestino delgado y participan en la digestión de los alimentos.

Funciones de las hormonas

Las glándulas endocrinas no tienen una relación estructural entre sí, se encuentran distantes unas de otras. Sin embargo, con excepción de las paratiroides y del páncreas, las demás se hallan conectadas, aun a la distancia porque dependen de la **hipófisis**. Si, esta glándula es la "rectora" de casi todo nuestro control endocrino. Presenta una región anterior y una región posterior; algunas hormonas de la hipófisis

anterior estimulan a otras glándulas para que produzcan sus propias hormonas. Y estas hormonas, a su vez, producen efectos sobre diferentes estructuras de nuestro cuerpo. Entonces podemos decir que, al menos indirectamente, todo depende de la hipófisis, que además ejerce una acción directa sobre ciertos órganos, como los huesos, promoviendo su crecimiento. Leé el cuadro 12-3 para saber sobre qué órganos actúa cada glándula y cuáles son sus efectos.

GLÁNDULAS	HORMONAS	FUNCIones
Hipófisis	Somatotrofina	Estimula la formación de hueso y el aumento del volumen muscular, favoreciendo el crecimiento.
	Tirotropina	Estimula el funcionamiento de la glándula tiroideas.
	Gonadotrofinas	Estimulan el funcionamiento de las gónadas o glándulas sexuales (ovarios y testículos).
	Adrenocorticotrofina	Estimula la producción de hormonas en la corteza de las glándulas suprarrenales.
	Prolactina	Estimula la secreción de la leche durante el embarazo y la lactancia.
	Oxitocina*	Provoca la contracción muscular de las paredes del útero durante el parto.
	Antidiurética*	Provoca la reabsorción de agua en los riñones, favoreciendo su retención en el organismo.
	Tiroxina	Aumenta el metabolismo celular, en especial de las células nerviosas.
Tiroides	Calcitonina	Aumenta la cantidad de calcio en la sangre.
Paratiroides	Parathormona	Disminuye la cantidad de calcio en la sangre.
Páncreas	Insulina	Disminuye la cantidad de glucosa en la sangre.
	Glucagón	Aumenta la cantidad de glucosa en la sangre.
Suprarrenales	Glucocorticoides	Favorece la formación de glucosa a partir de los lípidos y las proteínas.
	Mineralocorticoides	Provoca la reabsorción de minerales en los riñones, favoreciendo su retención en el organismo.
	Adrenalina	Provoca respuestas ante situaciones de estrés (aumento de las frecuencias cardíaca y respiratoria, de la presión sanguínea y de la concentración de glucosa en la sangre).
Testículos	Testosterona	Determina los caracteres sexuales secundarios masculinos (barba, voz grave, etcétera).
Ovarios	Estrógenos	Determina los caracteres sexuales secundarios femeninos (aumento de las mamas, entre otros). Prepara el útero para la gestación.
	Progesterona	Prepara el útero para la gestación.

* Producida por el hipotálamo y almacenada en la hipófisis.

▲ Cuadro 12-3. Principales hormonas de nuestro cuerpo y sus funciones.

Colesterol, malo pero no tanto. Creer que las grasas, y en particular el colesterol, son exclusivamente enemigos de nuestro cuerpo sería un error. Porque la molécula de colesterol es la materia prima a partir de la cual se fabrican

algunas hormonas: progesterona, estrógenos, testosterona, mineralocorticoides y glucocorticoides. Por lo tanto, si nuestro cuerpo no dispone de colesterol tampoco podrá fabricarlas.

profundización

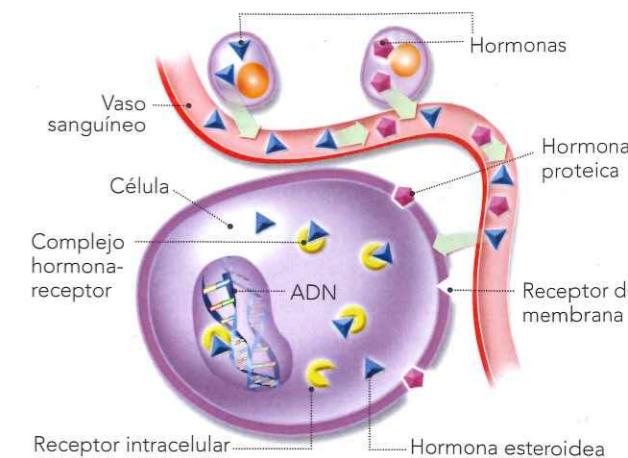


Síntesis de proteínas:
capítulo 17.
Ciclo menstrual:
capítulo 16.

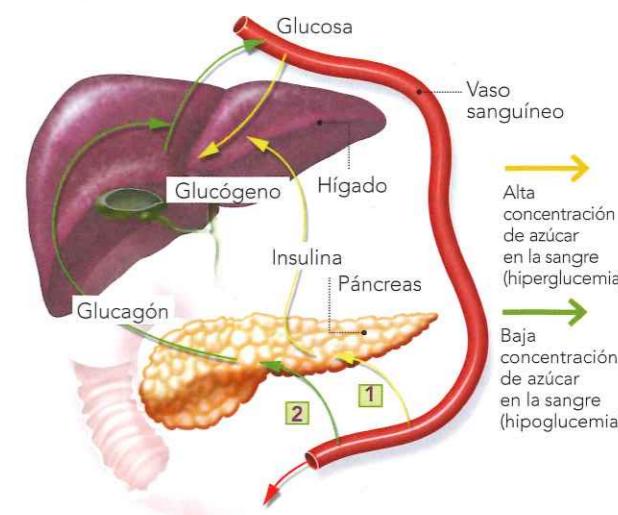
Mecanismos de acción hormonal

Como podés observar en el cuadro 12-3, las células de las glándulas endocrinas pueden producir uno o más tipos de hormonas. ¿De qué depende? De la información almacenada en su material genético. Cada célula fabrica sus hormonas a partir de los nutrientes que proceden de la digestión de los alimentos. Así, con los aminoácidos que llegan a la hipófisis, ésta fabrica una hormona proteica como la somatotrofina.

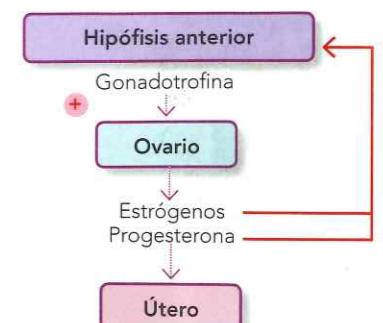
Si una hormona es un mensajero químico, ¿cómo transmite su mensaje a las células blanco? Una hormona ejerce su acción sobre una célula cuando se une a los **receptores** presentes en ella. Y en este punto está la clave, ya que los mecanismos de acción son diferentes si la hormona en cuestión es una proteína o un esteroide (figura 12-15). Si es una proteína, se une a receptores ubicados en la membrana de las células y modifica la actividad celular. Eso ocurre, por ejemplo, con la insulina, que actúa sobre las células del hígado estimulando la entrada de la glucosa presente en la sangre. En cambio, si es un esteroide, atraviesa la membrana y entra en la célula, se une a receptores que están en el citoplasma, y el complejo hormona-receptor que se forma, entra en el núcleo y se une al material genético. Así, dependiendo de la hormona, se estimula o se inhibe la síntesis de ARN mensajero y, por lo tanto, la producción de proteínas en la célula.



▲ Fig. 12-15. Diferentes mecanismos de acción hormonal.



▲ Fig. 12-16. Control de la cantidad de glucosa en la sangre a través de la acción de las hormonas insulina y glucagón.



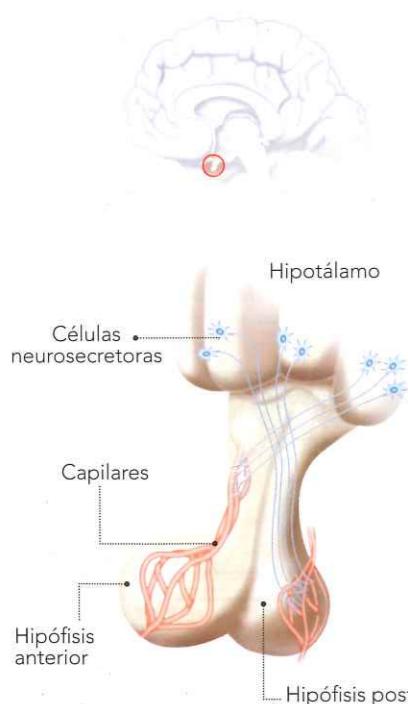
▲ Fig. 12-17. Mecanismo de retroalimentación negativa para el control de la producción de gonadotrofina y de hormonas ováricas.

7. Observá la figura 12-17 y respondé:
- ¿Qué acción tiene la hormona gonadotrofina?
 - Los estrógenos y la progesterona preparan el útero ante la posible presencia de un embrión. ¿Cómo actúan esas hormonas para controlar la producción de gonadotrofinas por parte de la hipófisis?

El control neuroendocrino

Terror ante un examen, una vuelta en la montaña rusa, o un llamado que esperabas ansiosamente. Cualquiera de estas situaciones puede producirte una "descarga de adrenalina". Y entonces, el corazón se acelera, la boca se seca, y hasta se ponen los "pelos de punta". Pero esta "descarga" por parte de las glándulas suprarrenales no es generada por la acción de una hormona sino por estímulos externos que fueron captados por el sistema nervioso. Este ejemplo permite afirmar que existe relación entre los controles nerviosos y endocrino. Además, como podés observar en la figura 12-18, la hipófisis (recordá que es la glándula "rectora") está conectada con el **hipotálamo**, una estructura ubicada en la base del cerebro.

El hipotálamo cuenta con células neurosecretoras que producen ocho tipos de **neurohormonas**, seis de las cuales (llamadas **fatores liberadores**) llegan hasta la hipófisis anterior y estimulan la secreción de las hormonas

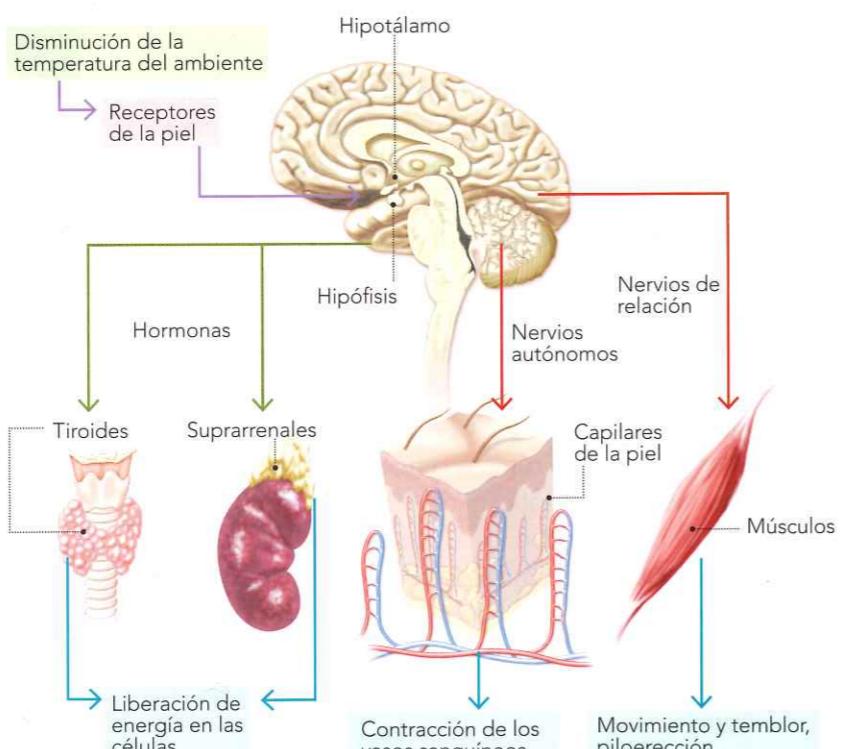


▲ Fig. 12-18. Detalle de la relación entre la hipófisis y el hipotálamo.

- c**
- A partir del texto de esta página y la observación de la figura 12-19, contestá las preguntas.
 - ¿Qué tipo de nervios autónomos provocan la contracción de los capilares?
 - ¿Cómo se modificaría este mecanismo en caso de que aumentara la temperatura ambiente?
 - Menciona un argumento que permita afirmar que el hipotálamo es una estructura neuroendocrina.

hipofisarias. Las otras dos hormonas llegan a la hipófisis posterior, donde se almacenan. Por lo tanto, hay razones para hablar de un control neuroendocrino de las actividades del organismo.

La figura 12-19 muestra otro ejemplo de esta integración: el control de la temperatura corporal ante la disminución de la temperatura del ambiente. En esa situación la temperatura corporal también disminuye, lo que es detectado por el hipotálamo, que pone en marcha un mecanismo para mantener nuestra temperatura alrededor de los 37 °C. En éste participan hormonas de la hipófisis, de la tiroides y de las glándulas suprarrenales, y también nervios autónomos y de relación. Como resultado, en las células aumentan las reacciones químicas que liberan energía, los capilares de la piel se contraen evitando la pérdida de calor, y la contracción muscular nos hace tiritar, aumentando la producción de calor. Todo este proceso mantiene nuestra temperatura corporal constante.



▲ Fig. 12-19. Control neuroendocrino de la temperatura corporal ante la disminución de la temperatura ambiente.

- b)
- ¿Qué tipo de nervios autónomos provocan la contracción de los capilares?
 - ¿Cómo se modificaría este mecanismo en caso de que aumentara la temperatura ambiente?
 - Menciona un argumento que permita afirmar que el hipotálamo es una estructura neuroendocrina.

Control e integración de funciones en los seres vivos

Hormonas en los invertebrados

Si bien los vertebrados cuentan con mayor variedad de hormonas, estos mensajeros químicos también controlan muchas funciones en los invertebrados, como la muda en los insectos y la sorprendente transformación de las orugas en mariposas durante la metamorfosis.



Fig. 12-20. Como la cubierta corporal (o exoesqueleto) de los insectos es rígida, a medida que crecen la cambian. Este cambio, denominado **muda**, está controlado por la hormona **ecdisona**.



▲ Fig. 12-21. La **metamorfosis** de las mariposas es controlada por dos hormonas: la **juvenil** y la **ecdisona**. En la etapa de larva (a) ambas están en equilibrio. Así, la oruga muda varias veces mientras crece. Luego, disminuye la hormona juvenil y, por acción de la ecdisona, la oruga muda a pupa (b). En esa etapa se producen grandes transformaciones; entre otras, aparecen las patas y las alas, hasta la eclosión del imago o adulto (c).

Hormonas vegetales

Si bien no poseen glándulas endocrinas como los animales, las plantas también producen hormonas. Así, a través de mensajes químicos se controlan, entre muchas otras actividades vegetales, la formación de las ramas, la caída de las hojas y la maduración de los frutos.



▲ Fig. 12-22. La hormona **giberelina** induce la germinación de la semilla. En cambio, el **ácido abscísico** es una hormona que inhibe la germinación.



▲ Fig. 12-23. Las **auxinas** son las hormonas vegetales que promueven el crecimiento en largo de los tallos. Por eso, para obtener un bonsái o planta enana, entre otras cosas se corta el extremo del tallo, porque allí se producen las auxinas.

Aplicación y análisis

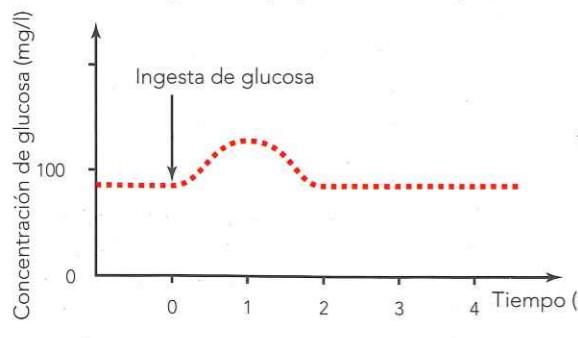
10. Observá la figura 12-24 y resolvé las consignas.
- ¿Qué actividades controla el sistema nervioso autónomo y cuáles el sistema nervioso de relación? ¿Cómo se ejerce el control en cada caso?
 - Para mover las piernas durante la carrera, ¿dónde se elaboran las respuestas, cómo llegan hasta los efectores y cuáles son esos efectores?
 - ¿Cuáles de las actividades mencionadas están bajo control endocrino y qué hormonas participan en cada caso?



▲ Fig. 12-24. Algunas de las actividades que nuestro cuerpo realiza simultáneamente mientras corremos.

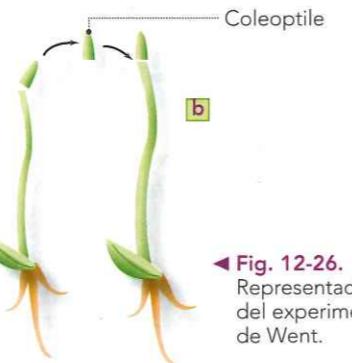
11. Analizá por qué se considera necesario incluir proteínas, grasas, sodio y potasio en nuestra dieta, para un óptimo funcionamiento de nuestros sistemas de control.

12. La glucemia se expresa en miligramos de glucosa por litro de sangre (mg/l). En condiciones normales es de alrededor de 80 mg/l. Observá la figura 12-25 que muestra los valores de la glucemia normal de una persona a lo largo del tiempo, y resolvé las consignas.



▲ Fig. 12-25. Variación de glucemia a lo largo del tiempo.

13. En 1928, Frits Went realizó el siguiente experimento: a varias plántulas de avena les cortó la punta, que tiene una pequeña vaina llamada *coleoptile* (a), y las plántulas dejaron de crecer. Luego, volvió a colocarles las puntas que había cortado (b), y las plántulas reanudaron su crecimiento (figura 12-26). A partir de este experimento Went elaboró la siguiente conclusión: El extremo del tallo produce sustancias que se distribuyen en toda la planta y permiten su crecimiento.



▲ Fig. 12-26. Representación del experimento de Went.

- a) ¿Qué sustancias descubrió Went con su experimento?
b) ¿Cuál habrá sido el razonamiento que le permitió elaborar su conclusión?

14. Leé el fragmento del artículo y resolvé las consignas.

Mentes fecundas

Desde el nacimiento las células del cerebro de un bebé proliferan en forma intensa, estableciendo conexiones que permiten construir una vida llena de experiencias.

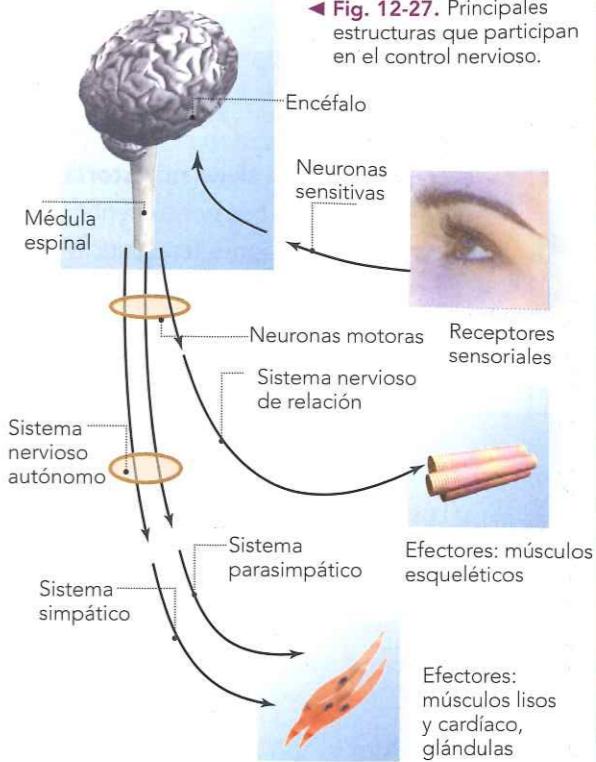
[...] Recientemente se ha descubierto que la actividad eléctrica que producen las neuronas al comunicarse modifica la estructura física del cerebro, siendo esto esencial en el armado del sistema nervioso. El cerebro no es como una computadora, a la que hay que armar completamente y después prenderla. Por el contrario, comienza a funcionar mucho antes de estar completado, y los mismos procesos que permiten el "cableado" antes de nacer, serán los que acompañarán a la explosión de aprendizaje que viene después de nacer. Al momento de nacer el cerebro contiene cien mil millones de neuronas y un billón de células gliales, que protegen y alimentan a las neuronas. [...] Poco después del nacimiento [el cerebro] produce, entre las neuronas, muchas más conexiones que las que va a utilizar. Entonces, a través de un proceso de competición entre ellas, elimina las conexiones o sinapsis que son usadas poco o nada. [...] El cerebro necesita, además, un ambiente estimulante para desarrollarse. Algunos investigadores han hallado que los niños que no juegan o que son poco tocados tienen cerebros entre un 20 y un 30% más pequeños que lo normal. Las experiencias ricas producen cerebros ricos [...].

Los neurocientíficos han confirmado ahora que el gran crecimiento cerebral se detiene alrededor de los 10 años, cuando el cerebro comienza a destruir gran número de sinapsis poco activas o débiles, preservando sólo las que han sido transformadas por la experiencia. Al final de la adolescencia, alrededor de los 18 años, el cerebro ha disminuido su plasticidad pero ha ganado en poder. Los talentos y tendencias latentes que fueron creciendo están listos para florecer.

- a) ¿Qué diferencia importante destaca el autor del artículo al comparar el cerebro con una computadora?
b) ¿Qué proceso de estructuración del cerebro se menciona en el artículo? ¿Qué factores influyen en esa estructuración?
c) ¿Por qué son fundamentales los primeros años de vida de las personas, para su óptimo funcionamiento cerebral?

Organización de la información

15. La figura 12-27 muestra un esquema que constituye una manera de comunicar sintéticamente el modo en que puede clasificarse el sistema nervioso. Analizalo y resolvé las consignas.



▲ Fig. 12-27. Principales estructuras que participan en el control nervioso.

- a) Extraé del esquema los conceptos y ordenalos jerárquicamente.
b) Incluí, en el orden jerárquico que elaboraste, los siguientes conceptos: hipotálamo, hormonas, glándulas endocrinas, sistemas de control, sistema nervioso, sistema endocrino.
c) Con todos esos conceptos elaborá un mapa conceptual sobre el control de funciones.

Opinión y debate

16. Con tu grupo lean el siguiente párrafo. Luego, a partir de la información que aporta, intercambien sus opiniones acerca del interés de algunas chicas por mantenerse delgadas, y el de otras por realizar un intenso entrenamiento físico.

Las hormonas femeninas, al ser lípidos, no son solubles en agua, y para que actúen se requiere que el organismo contenga cierta proporción de materia grasa. De lo contrario, se verá afectada la regulación del funcionamiento de las glándulas sexuales. Esto suele ocurrir en mujeres que se someten a rigurosas dietas para adelgazar o a una intensa actividad física que disminuye en exceso la grasa corporal. Como consecuencia puede incluso interrumpirse el ciclo menstrual.

Capítulo 13

Sostén y movimiento

ayer

160



La traumatología tiene su historia. El ser humano siempre intentó recuperar y rehabilitar a los semejantes que por diferentes causas habían perdido sus condiciones físicas naturales. Las primeras acciones terapéuticas llevadas a cabo por el hombre primitivo fueron puramente intuitivas; por ejemplo, detener una hemorragia, lamer una herida, inmovilizar una fractura o frotar un miembro dolorido. Luego, mediante la observación de las consecuencias de algunas acciones curativas, comenzó a repetir aquellas que daban mejores resultados, como fueron, seguramente, la aplicación de piedras calientes para aliviar el dolor o la utilización de férulas toscas para inmovilizar algún miembro. Pero los primeros testimonios escritos referentes a la práctica de la traumatología se hallan a partir del año 3000 a. C.

Los cuerpos momificados, los grabados y los jeroglíficos de los antiguos egipcios nos indican algunas prácticas ortopédicas de la época. Se han hallado, en momias, férulas fabricadas con caña, madera o corteza de árboles y almohadilladas con lienzo. También algunos grabados constituyen los testimonios más antiguos del uso de muletas (figura 13-1).

Los papiros médicos del Antiguo Egipto describen detalles sobre casos clínicos de diferentes traumatismos, su pronóstico y tratamiento; por ejemplo, fracturas de miembros y de clavícula, luxaciones de mandíbula, lesiones espinales, etcétera.

En la Antigua Grecia, Hipócrates  describió las bases anatómicas de huesos y articulaciones, y también las cinco claves para el tratamiento de las fracturas: antisepsia, vendaje, reducción, entabillado y tracción. Explicó especialmente las fracturas abiertas y aquellas que tenían pérdida de fragmentos.

Se refirió a la reducción de las luxaciones de las articulaciones del hombro, de la rodilla, de la cadera y del codo. Los tratados de Hipócrates, principalmente en lo que se refiere a fracturas y luxaciones, constituyeron la técnica más avanzada por más de veinte siglos.



Fig. 13-1. Hombre joven con poliomielitis, apoyado sobre un báculo. Grabado del año 2830 a. C. en la entrada de la tumba de Hirkouf.

 **Hipócrates** (460-377 a. C.). Médico griego considerado el "padre de la medicina" por sus numerosos aportes a esta disciplina científica, entre otros, las primeras historias clínicas, en las que llevaba un registro de los síntomas, tratamientos y resultados de todos sus pacientes. Observaba, comparaba, planteaba hipótesis, experimentaba y elaboraba conclusiones. Entre sus trabajos hay varios relacionados con los sistemas óseo y muscular: *Palanca*, *Sobre las articulaciones* y *Sobre las fracturas*.



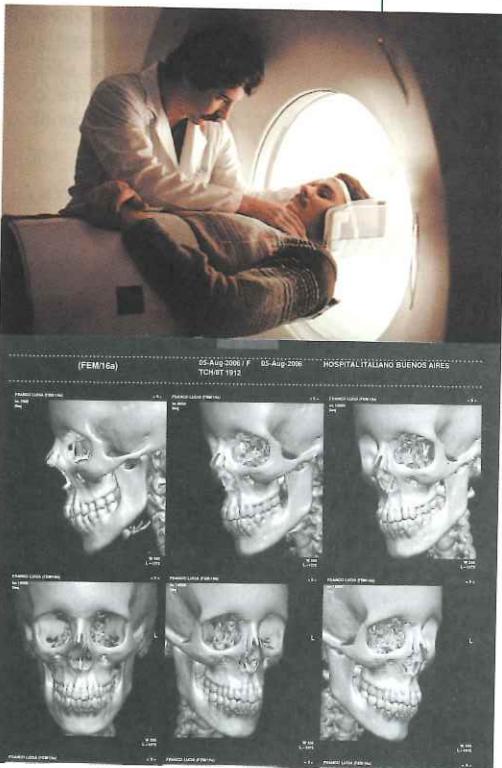
La tecnología al servicio de la traumatología. Actualmente, y gracias a los avances de la medicina, la mayoría de las lesiones de los huesos, los músculos y las articulaciones se curan por completo. Para ello, los diferentes métodos de diagnóstico y tratamiento resultan fundamentales. Una gran variedad de estudios por imágenes permite saber, con exactitud, qué tipo de lesión tiene un paciente para aplicar un tratamiento inmediato que permita acortar el tiempo de recuperación.

Las **radiografías** (figura 13-2) son placas obtenidas por medio de rayos X que sirven para detectar principalmente fracturas, tumores, infecciones y deformidades. Para determinar la ubicación y la extensión exacta de la lesión se utilizan otras técnicas, como la **ecografía**, en los casos de desgarros y problemas musculares, la **tomografía computarizada** (figura 13-4) o la **resonancia magnética nuclear**, en la cual el magnetismo de los núcleos atómicos que forman los tejidos corporales es captado por microimanes. El **centellograma** es otro método de la medicina nuclear; para realizarlo se administra un fármaco que, al ser metabolizado por el hueso, permite detectar, por ejemplo, microfracturas. Otros métodos utilizados son la **artroscopía**, en la cual se introduce un pequeño instrumento en la articulación para poder observarla, y la **electromiografía**, una exploración, con la ayuda de una computadora, de la función muscular. Los tratamientos están sujetos al tipo de trastorno y a las lesiones producidas. Actualmente, además de los tratamientos convencionales (reposo, compresas tibias o frías, analgésicos y antiinflamatorios, inmovilización, kinesiología, infiltraciones, cirugía) se utilizan otros métodos, como la **terapia de campos magnéticos**, que acelera la consolidación de fracturas óseas. Últimamente se aplica el **bioimplante de células madre** en pacientes que no logran soldar sus fracturas con terapias convencionales. Estas células son extraídas de la médula ósea mediante una punción en la pelvis y multiplicadas luego en un laboratorio.



→ hoy

◀ Fig. 13-2



◀ Fig. 13-3



▲ Fig. 13-4. Tomografía computarizada 3D.



1. Realizá las siguientes actividades teniendo en cuenta la información de "ayer" y de "hoy".

- ¿Qué instrumentos habrá tenido a disposición el hombre primitivo como para inmovilizar un miembro fracturado? ¿Qué tipo de acciones curativas habrá realizado?
- ¿Por qué Hipócrates fue el precursor de la aplicación del método científico en la medicina?
- ¿Qué estructuras pueden dañarse cuando nos referimos a "traumas" en el sistema óseo o en el sistema muscular?
- En 1985, el físico alemán Wilhelm Conrad Roentgen hizo un importante descubrimiento que permitió luego el desarrollo de la traumatología. Investiga cuál fue ese descubrimiento. ¿Qué técnicas de diagnóstico lo utilizan actualmente?
- Citá ejemplos de acciones de recuperación y de prácticas ortopédicas implementadas frente a una lesión ósea que se mantengan vigentes desde la Antigüedad.
- ¿En qué consiste el bioimplante de células madre? ¿En qué situaciones se utiliza?

Fig. 13-2. Los rayos tienen alta energía y una longitud de onda corta, por eso pueden atravesar los tejidos. Los tejidos más densos, como el óseo, bloquean los rayos en forma más intensa que los tejidos de menor densidad, como el pulmón.

Fig. 13-3. La tomografía computarizada es un análisis de rayos X. Las radiografías se toman desde una serie de ángulos diferentes y se acomodan por medio de una computadora.

La función de sostén en el reino animal

La mayoría de los organismos poseen tejidos o sistemas especializados que les permiten el **sostén** del propio cuerpo, manteniendo así posturas y formas corporales características. Estas formaciones esqueléticas pueden estar ubicadas en el exterior del cuerpo (**exoesqueletos**) o en el interior (**endoesqueletos**).

El **medio acuático** brinda sustento a los seres vivos que

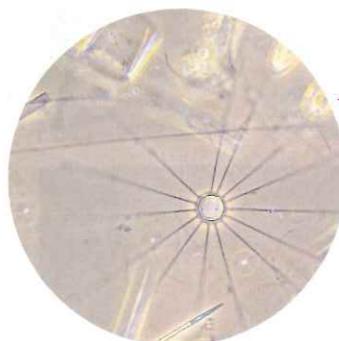


Fig. 13-5. Los organismos unicelulares, como los radiolarios, tienen un caparazón del cual salen **espinas de sílice** (un mineral formado por silicio y oxígeno).



Fig. 13-6. Las esponjas tienen estructuras rígidas de distinta naturaleza (calcáreas, silíceas, etc.), llamadas **espículas**, que forman una red entre las células.



Fig. 13-7. Los equinodermos (estrellas y erizos de mar) presentan un esqueleto por debajo de la piel, formado por **placas** y a veces recubierto por **púas**.



Fig. 13-8. Los caparazones calcáreos de los moluscos (caracoles, almejas, mejillones), compuestos de proteínas reforzadas por carbonato de calcio, son un ejemplo típico de exoesqueleto. Los caracoles terrestres también cuentan con caparazón, pero mucho más liviano y desprovisto, por lo general, del componente mineral duro.



Fig. 13-9. Los artrópodos –tanto acuáticos como terrestres– están cubiertos por una cutícula dura, resistente e impermeable compuesta por dos capas: una externa, delgada y proteica, y otra interna mucho más gruesa, de proteínas y quitina. En los artrópodos acuáticos, como los cangrejos, esta capa quitinosa está aún más endurecida por sales de calcio. En los terrestres (arañas, insectos), la cutícula los protege de la deshidratación. Todos poseen patas articuladas que se mueven por acción de los músculos que se insertan en su interior.



Fig. 13-10. Las lombrices poseen un **esqueleto hidrostático** formado por distintas capas musculares que encierran un tubo lleno de líquido. Al contraer y relajar los músculos pueden movilizarse.

- c)** Observá las fotografías y, teniendo en cuenta las estructuras de sostén que tiene cada ser vivo, respondé:
- ¿Cuáles son los organismos que poseen exoesqueletos?
 - ¿En qué animales el exoesqueleto cumple otras funciones independientemente del sostén y de la protección? ¿Cuáles son esas funciones?
 - ¿Cuáles son los invertebrados que poseen endoesqueletos?



El esqueleto de los vertebrados

Los vertebrados presentan un **sistema locomotor** constituido principalmente por:

- **huesos**, órganos rígidos de consistencia ósea, cuya función es sostener y proteger las partes blandas del cuerpo;
- **cartílagos**, estructuras que colaboran con el sostén y facilitan la articulación entre los huesos;
- **músculos**, órganos que se insertan en los huesos y que ejercen la fuerza necesaria para movilizarlos.

Los cartílagos y los huesos forman, en conjunto, el **esqueleto**. Las funciones del esqueleto, como ya vimos, no son solamente sostener el cuerpo y darle forma sino también permitirle al animal erguirse, movilizarse y proteger sus órganos internos. Otra de las grandes ventajas de este endoesqueleto es que *está constituido por un tejido especial que puede crecer con el animal*, a diferencia del exoesqueleto de los artrópodos, que debe ser reemplazado a medida que el animal crece (muda).

En los vertebrados suelen distinguirse dos partes bien diferenciadas, que presentan variaciones particulares en los distintos grupos (figura 13-11):

- el **esqueleto axial**, compuesto por el cráneo, la columna vertebral, las costillas y el esternón;

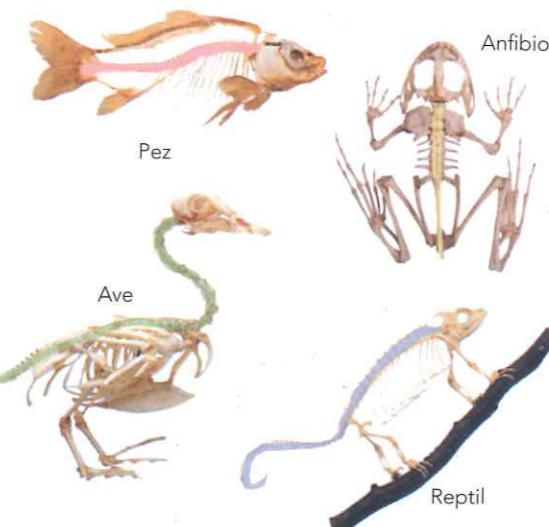


Fig. 13-11. En los vertebrados, la columna vertebral o espina dorsal constituye el eje del cuerpo.

- el **esqueleto apendicular**, constituido por las extremidades y las cinturas escapular y pélvica, que unen las extremidades al esqueleto axial.

Los **peces** pueden tener estructuras óseas o cartilaginosas (ejemplos de este último caso son las rayas y los tiburones). Sus extremidades son las **aletas**, que están adaptadas a la natación y les proporcionan estabilidad en el agua.

Los **anfibios**, como los sapos y las ranas, poseen un esqueleto compuesto por la cabeza, el tronco y cuatro extremidades; las dos posteriores están adaptadas para el salto. Las salamandras son anfibios con patas y cola. Otros anfibios, más raros, carecen de extremidades (son las cecilias).

Los **reptiles**, como las tortugas, tienen extremidades cortas y costillas fusionadas con el esternón y la columna vertebral, formando así la base ósea del caparazón. Las serpientes carecen de extremidades; tienen un par de costillas por cada vértebra y una musculatura activa que les permite arrastrarse o reptar.

Las **aves** tienen huesos livianos, con cavidades de aire en su interior, que se llaman **huesos neumáticos**. Las alas están formadas por los huesos del brazo, del antebrazo y de los dedos. En el esternón hay una cresta prominente llamada **quilla**, que permite la inserción de los poderosos músculos que mueven las alas.

Los **mamíferos** poseen un esqueleto óseo que le da forma al cuerpo y lo mantiene erguido, y la gran variedad de músculos unidos a los huesos les permiten realizar diferentes movimientos.



Fig. 13-12. El anfioxo es un animal marino de vida libre a diferencia de los tunicados, que son sésiles. Su notocorda perdura completa en el adulto, cosa que no sucede en los urocordados. En la ilustración se observa la localización de la notocorda.

profundización

a lo largo del cuerpo a manera de varilla esquelética rígida, sirve como esqueleto interno en los embriones de todos los cordados, pero en la mayoría de los adultos es reemplazada por un soporte segmentado y flexible: la **columna vertebral**. Ésta se forma alrededor de la notocorda, pero no a partir de ella, suplantándola por completo en la mayoría de las especies.

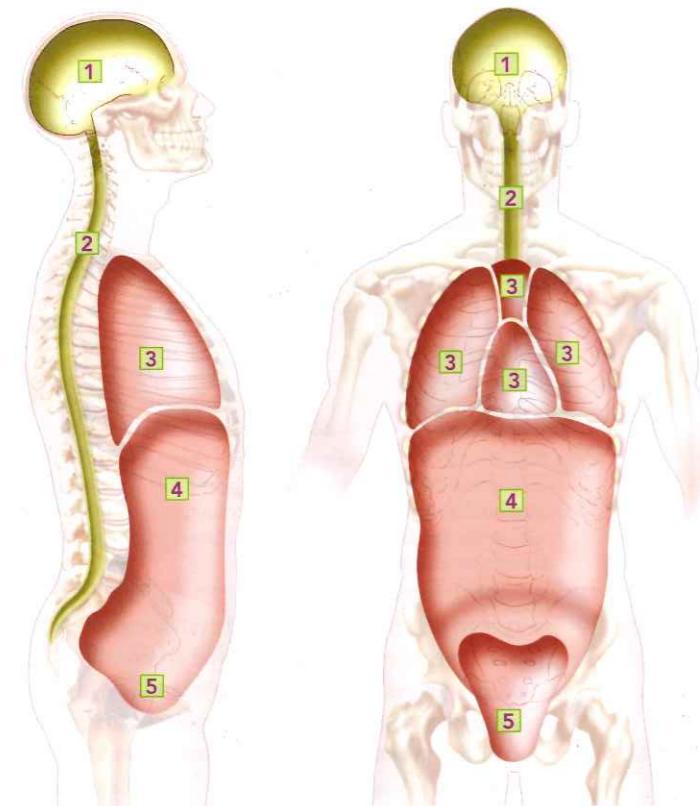
El esqueleto humano y las cavidades corporales

En el cuerpo humano se distinguen tres grandes regiones:

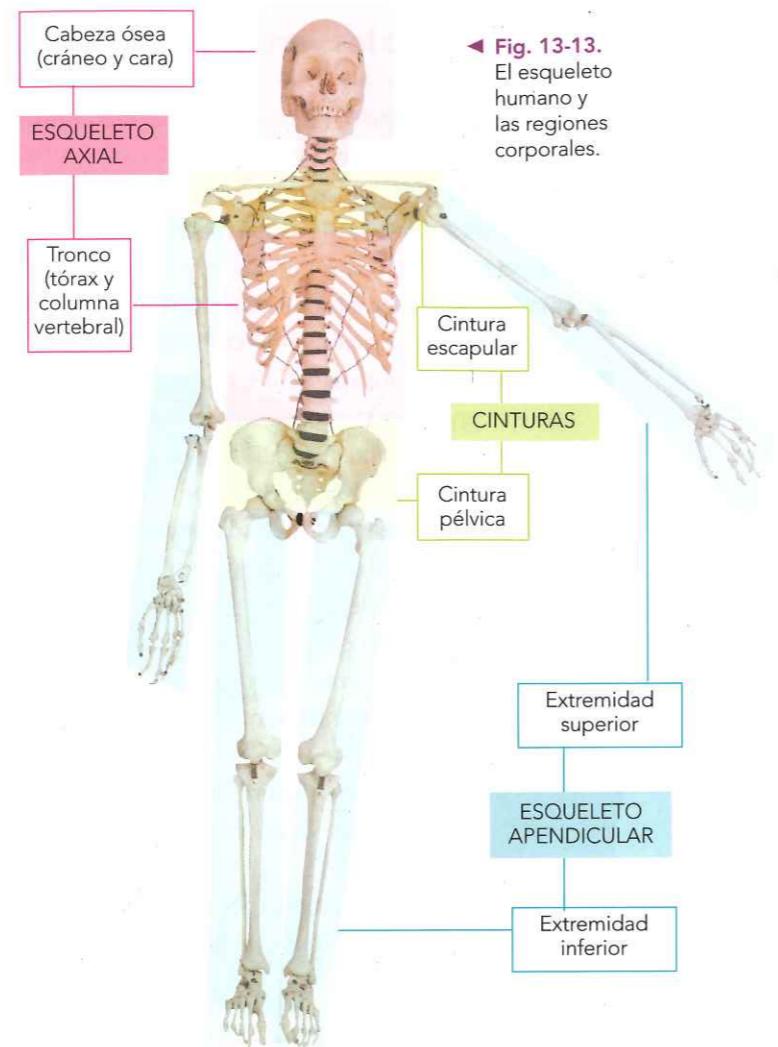
- la **cabeza**, compuesta por el cráneo y la cara;
- el **tronco**, compuesto por el tórax y el abdomen;
- las **extremidades superiores** (brazo, codo, antebrazo, muñeca y mano) e **inferiores** (muslo, rodilla, pierna, tobillo y pie). Los hombros y las caderas forman las **cinturas escapular** y **pélvica**, respectivamente.

Respecto del esqueleto podemos reconocer dos partes bien diferenciadas, tal como se observa en la figura 13-13: el **esqueleto axial** y el **esqueleto apendicular**. El primero está integrado por las estructuras próximas al eje longitudinal del cuerpo: la columna vertebral, el tórax y la cabeza ósea. El segundo corresponde a las extremidades y las cinturas, que unen éstas al tronco.

En el ser humano, como en otros vertebrados, se distinguen, en el interior del cuerpo, espacios o **cavidades** que contienen y protegen los órganos, a la vez que los proveen de líquidos lubricantes que mejoran su funcionamiento (figura 13-14).



▲ Fig. 13-14. Cavidades corporales.



▲ Fig. 13-13. El esqueleto humano y las regiones corporales.

Los huesos

El cuerpo humano está formado por, aproximadamente, 206 huesos. Algunas ideas preconcebidas erróneamente nos llevan a considerar los huesos como una materia inerte, pero, en realidad, se trata de estructuras con una enorme vitalidad. Para estudiarlos se los suele clasificar según su forma en **largos**, **cortos** y **planos** (figura 13-15).

- C Teniendo en cuenta la figura 13-15 localizá en el esqueleto de la página 164 al menos dos ejemplos de cada tipo de hueso.

Estructura ósea

Los huesos están formados por **tejido óseo** y **cartilaginoso**, la **médula ósea** y una membrana doble que rodea la superficie no cubierta por cartílago, llamada **periostio**, cuyas funciones son proteger, nutrir e intervenir en el crecimiento del hueso (figura 13-16). Entre sus capas hay vasos sanguíneos y linfáticos y nervios, así como células óseas juveniles.

El **tejido óseo** está constituido por una sustancia intercelular compuesta principalmente por agua, fibras de colágeno y sales minerales. Las sales minerales más abundantes son la **hidroxiapatita** (fosfato tricálcico)

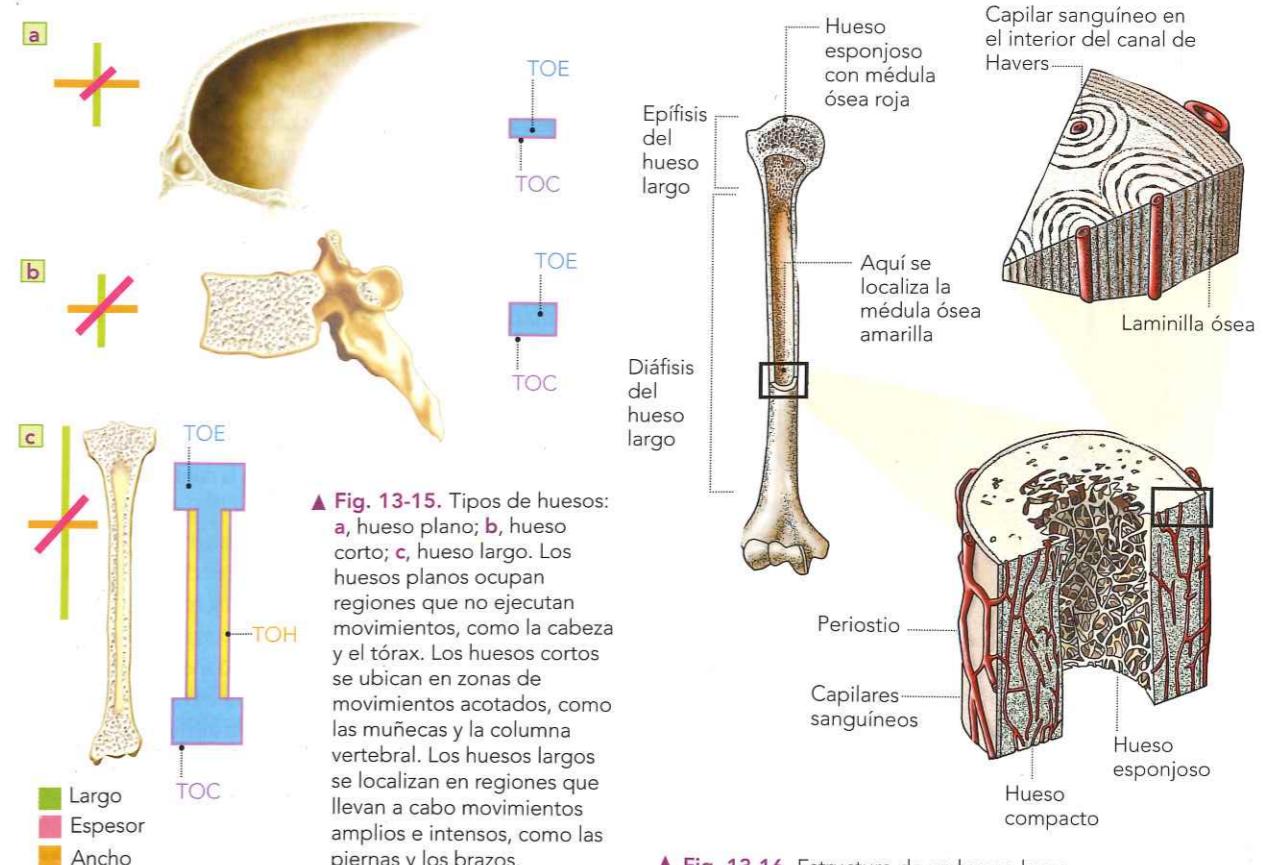
y el **carbonato de calcio**. Estas se depositan por cristalización en el entramado formado por las fibras de colágeno durante el proceso de calcificación o mineralización, otorgándole dureza y flexibilidad a los huesos.

El tejido óseo forma unidades estructurales delgadas llamadas **laminillas** y, según su disposición, se clasifica en compacto, haversiano y esponjoso.

- El **tejido óseo compacto** (TOC) constituye la parte externa de todos los huesos. Las laminillas se superponen de manera regular y forman capas gruesas.

- El **tejido óseo haversiano** (TOH) se encuentra en las diáfisis de los huesos largos. Las laminillas se disponen como anillos concéntricos alrededor de canales centrales, llamados **canales de Havers**, que se extienden longitudinalmente y se conectan con otros canales que perforan el periostio. Ambos canales son utilizados por los vasos sanguíneos, linfáticos y nervios, para extenderse por el hueso. Esta estructura se denomina **sistema de Havers**.

- El **tejido óseo esponjoso** (TOE) constituye las epífisis de los huesos largos y el interior de la mayoría de los huesos. Las laminillas están dispuestas de manera irregular formando unos tabiques llamados **trabéculas**, que limitan huecos donde se ubica la **médula ósea roja**.



▲ Fig. 13-16. Estructura de un hueso largo.

Células óseas y crecimiento de los huesos

Las células que constituyen el tejido óseo pueden ser:

- **osteoblastos:** se ubican siempre en la superficie del tejido óseo, se encargan de sintetizar y secretar la parte orgánica de la matriz ósea durante su formación;
- **osteocitos:** se ubican en cavidades (osteoplasmos) rodeadas por el material intercelular calcificado;
- **osteoclastos:** células grandes y multinucleadas que pueden encontrarse en depresiones superficiales de la matriz ósea y son responsables de la reabsorción del tejido óseo.

El crecimiento del hueso, tanto en longitud como en grosor, ocurre a medida que un individuo se desarrolla. Los huesos cortos y planos crecen a partir de los osteoblastos del periostio. Los huesos largos de los niños y jóvenes poseen, entre la diáfisis y las epífisis, bandas de **tejido cartilaginoso** que constituyen las **placas de crecimiento** (figura 13-17). Las células cartilaginosas (**condrocitos**) se multiplican y van haciendo crecer el hueso en longitud. Este cartílago se va reemplazando en su parte inferior por tejido óseo esponjoso, proceso que se denomina **osificación endocondral**. Esto sucede hasta los 20 o 22 años. En cambio, el crecimiento a partir del periostio, es permanente; se forman nuevas capas óseas que permiten engrosar los huesos o reparar los daños.



Fig. 13-17. Osificación de un hueso largo.
1. La osificación comienza a partir del cartílago de conjunción o placas de crecimiento.

2. Los condrocitos se multiplican y luego se convierten en hueso.
3. A los 20-22 años, la osificación se completa y el hueso deja de crecer.



Fig. 13-19. Cortes longitudinales (arriba) y transversales (abajo) de un hueso sano y un hueso con osteoporosis.

Funciones de los huesos

Además de las funciones de soporte, protección de órganos internos y movilidad, los huesos intervienen en otros procesos, como los que se describen a continuación.

- **Homeostasis.** El tejido óseo cede o acumula determinadas sustancias según las necesidades. Almacena, por ejemplo, ciertos minerales como calcio y fósforo, necesarios para la contracción muscular y otras funciones. Cuando hacen falta, estos minerales son liberados y posteriormente distribuidos por la vía sanguínea.

- **Producción de células sanguíneas.** En el interior de las cavidades del tejido óseo esponjoso se halla la médula ósea roja, un tipo especial de tejido conectivo que contiene gran cantidad de células madre precursoras de glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas.

- **Reserva energética.** En el canal medular de los huesos largos se encuentra la médula amarilla (llamada comúnmente "caracú"), constituida principalmente por tejido adiposo.



Homeostasis:
capítulo 3.
Composición
de los seres
vivos:
capítulo 4.

profundización

Osteoclastos, calcio y osteoporosis. Los huesos están destruyéndose y renovándose todo el tiempo. En este proceso intervienen, por un lado, los osteoclastos, que destruyen la matriz ósea y forman canales en su interior (figura 13-18), y por otro, los osteoblastos, que fabrican "hueso nuevo" que rellena esos canales. ¿Y cómo destruyen los osteoclastos la matriz ósea? Mediante la acción de enzimas y la secreción de ácidos (cítrico y carbónico), que favorecen la actividad enzimática, disolviendo el calcio y las fibras colágenas que forman parte del hueso. Los propios osteoclastos fagocitan los restos de matriz destruida y digieren el colágeno. El calcio disuelto pasa al torrente sanguíneo y es transportado hacia distintas partes del cuerpo. Esta liberación de calcio, regulada hormonalmente, es fundamental para el buen funcionamiento del organismo, ya que ese mineral interviene en la conducción nerviosa, la contracción muscular, la coagulación de la sangre, etc. El recambio óseo es fundamental, además, para mantener los huesos resistentes y flexibles. Una actividad osteoclástica intensa disminuye excesivamente la masa ósea y, con ello, aumentan los riesgos de fracturas. Esto ocurre, con frecuencia, en mujeres a partir de los 50 años, y se conoce como **osteoporosis** (figura 13-19). Por eso es importante lograr una buena masa ósea durante la infancia y la juventud, consumiendo una adecuada cantidad de calcio y también de vitamina D, que favorece el pasaje del calcio del intestino a la sangre.

166

Las articulaciones

Cada vez que caminás hasta la escuela, practicas algún deporte, vas a bailar, abrazás a un amigo o escribís en tu carpeta, tu sistema locomotor está actuando en forma coordinada. Los huesos se asocian unos con otros mediante las **articulaciones**, permitiendo el movimiento. Una articulación es un punto de contacto entre dos o más elementos óseos.

C Pensá en la articulación del hombro, en tu columna o en las uniones entre los huesos de tu cráneo. ¿Qué movimientos podés realizar en cada caso?

Para clasificar las articulaciones se tiene en cuenta el grado de movimiento que éstas permiten (figura 13-20), como se detalla a continuación.

- **Articulaciones inmóviles, fijas o sinartrosis.** Son articulaciones rígidas como las que unen los huesos del cráneo, que se conocen con el nombre de **suturas**. Se mantienen unidas por el crecimiento del hueso o por una delgada capa de tejido conectivo. Tienen una estructura irregular que les confiere una fuerza adicional y disminuye la posibilidad de que se fracturen.

- **Articulaciones semimóviles o anfiartrosis.** Las superficies articulares son planas o casi planas. El material de conexión es un disco ancho y plano de fibrocartílago (cartílago con fibras de colágeno); además, poseen **ligamentos**, largos cordones fibrosos que se insertan alrededor de las superficies articulares. Son ejemplos de anfiartrosis la síntesis pubiana (unión del extremo

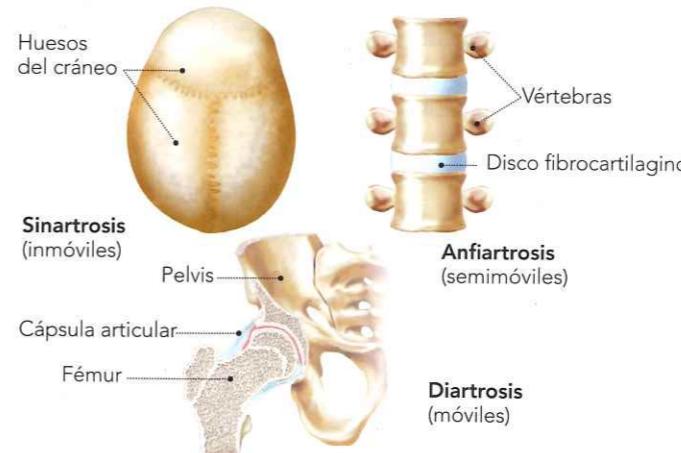


Fig. 13-20. Tipos de articulaciones.

pubiano de los coxales, los huesos de la cadera) y la articulación entre los cuerpos vertebrales que en conjunto forman la columna vertebral; ésta, si bien cumple con su función de soporte, posee cierta flexibilidad.

- **Articulaciones móviles o diartrosis.** Se caracterizan por la presencia de **cartílago articular** que reviste las superficies de los huesos de la articulación, pero no une o mantiene juntos los huesos. Un fibrocartílago interarticular o **menisco** se interpone entre las superficies articulares a las que se adapta. Los huesos se mantienen unidos gracias a la **cápsula articular**, cuya membrana interna secreta **líquido sinovial**, que lubrica la articulación y proporciona nutrición al cartílago articular. Y, por último, los ligamentos refuerzan la unión. Esta estructura compleja le otorga al mismo tiempo gran fuerza y flexibilidad a la articulación.

El cuerpo humano tiene varias clases de diartrosis. Por ejemplo: en el hombro y la cadera son del tipo **esférica**, permiten movimientos en todas las direcciones. Los codos, las rodillas y los dedos poseen articulaciones **en bisagra**, por lo que sólo es posible la flexión y la extensión y, en algunos casos, la lateralidad. Las articulaciones **en pivot**, como la que poseen las dos primeras vértebras entre sí, nos permiten la rotación, en este caso, el giro de la cabeza de un lado al otro. En las articulaciones **deslizantes**, como en los huesos de la muñeca y del tobillo, las superficies óseas se mueven enfrentadas por distancias muy cortas (figura 13-21).

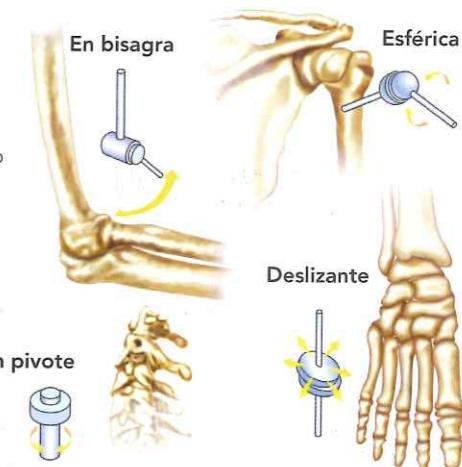


Fig. 13-21. Tipos de articulaciones móviles.

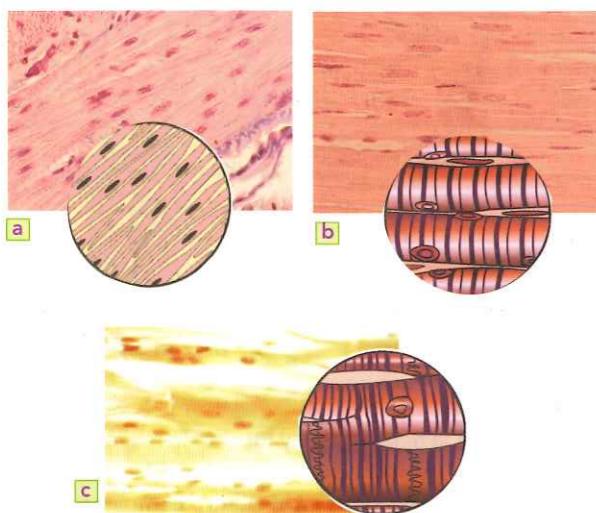
3. Organizá la información de esta página en un cuadro comparativo entre los distintos tipos de articulaciones. Primero seleccioná los criterios que vas a comparar (grado de movilidad, características, ejemplos) y luego armá el cuadro.
4. Observá la figura 13-13 y localizá la mayor cantidad posible de articulaciones. Clasificalas e incluí tus ejemplos en el cuadro comparativo que armaste según la consigna anterior.

Los músculos, propulsores del movimiento

Los huesos y las articulaciones nos permiten realizar movimientos, pero éstos no serían posibles sin los **músculos**, que tienen la capacidad de ejercer la fuerza necesaria para ello. Pero no todos los músculos del cuerpo se relacionan con el esqueleto. A continuación presentamos una clasificación de los músculos que tiene en cuenta no sólo su ubicación sino también las características de sus células (denominadas **fibras musculares**) y las funciones que cumplen.

- **Músculo liso** (figura 13-22 a). Forma las paredes de las vísceras (estómago, intestino, etc.) y de los vasos sanguíneos. Las fibras musculares lisas que lo constituyen son alargadas, fusiformes, y presentan un núcleo alargado y central. La contracción del músculo liso es involuntaria, lenta y duradera.
- **Músculo cardíaco** (figura 13-22 b). Constituye la capa contráctil del corazón, también denominada **miocardio**. Las fibras musculares cardíacas son alargadas, cilíndricas y ramificadas, lo que les permite unirse con las células vecinas. Poseen un solo núcleo. La contracción del miocardio es involuntaria y rápida.

- **Músculo esquelético o estriado** (figura 13-22 c). A diferencia de los otros dos, la contracción del músculo esquelético es voluntaria. Se inserta en los huesos mediante **tendones**, una especie de cordones muy resistentes de tejido conjuntivo. La fibra muscular estriada es alargada, cilíndrica, y posee muchos núcleos cercanos a la membrana celular, o **sarcolema**. Las miofibrillas que corren paralelas en el citoplasma



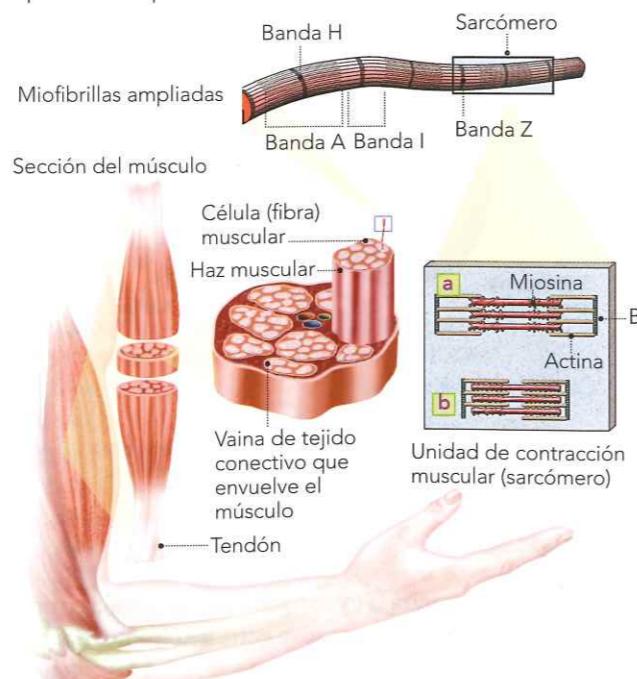
▲ Fig. 13-22. Microfotografías e ilustraciones de tejidos musculares: a, músculo liso; b, músculo cardíaco; c, músculo esquelético o estriado.

(figura 13-23) están compuestas por proteínas que forman a su vez dos tipos de miofilamentos que se intercalan entre sí: la **miosina**, los miofilamentos gruesos (bandas A o discos oscuros), y la **actina**, los miofilamentos delgados (bandas I o discos claros). En las bandas A se observan surcos centrales más claros, las bandas H, mientras que las bandas I poseen surcos centrales oscuros, las bandas Z. La porción de fibra comprendida entre las bandas Z recibe el nombre de **sarcómero** y es la unidad de contracción.

La contracción muscular

Los músculos de nuestro cuerpo están conectados a los nervios, a través de los cuales reciben estímulos (impulsos nerviosos). El sarcolema estimulado hace que la fibra muscular libere calcio entre las miofibrillas. Este cation facilita la unión entre los miofilamentos que forman las bandas A (miosina) y los que forman las bandas I (actina). Con el aporte de energía, las bandas A "tiranean" a las bandas I y acortan la longitud de los sarcómeros (figura 13-23). El acortamiento simultáneo de todos los sarcómeros constituye la contracción de la fibra muscular. Luego se reabsorbe el calcio liberado, las bandas se separan y el músculo se relaja.

La fuerza muscular no siempre implica movimiento, también en reposo los músculos están semicontraídos; esto se denomina **tono muscular** y es lo que mantiene la postura corporal.



▲ Fig. 13-23. Estructura de un músculo estriado y fisiología de la contracción muscular. a, sarcómero relajado; b, sarcómero contraído.



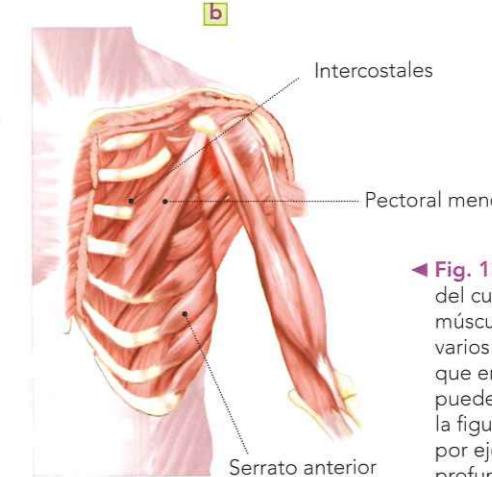
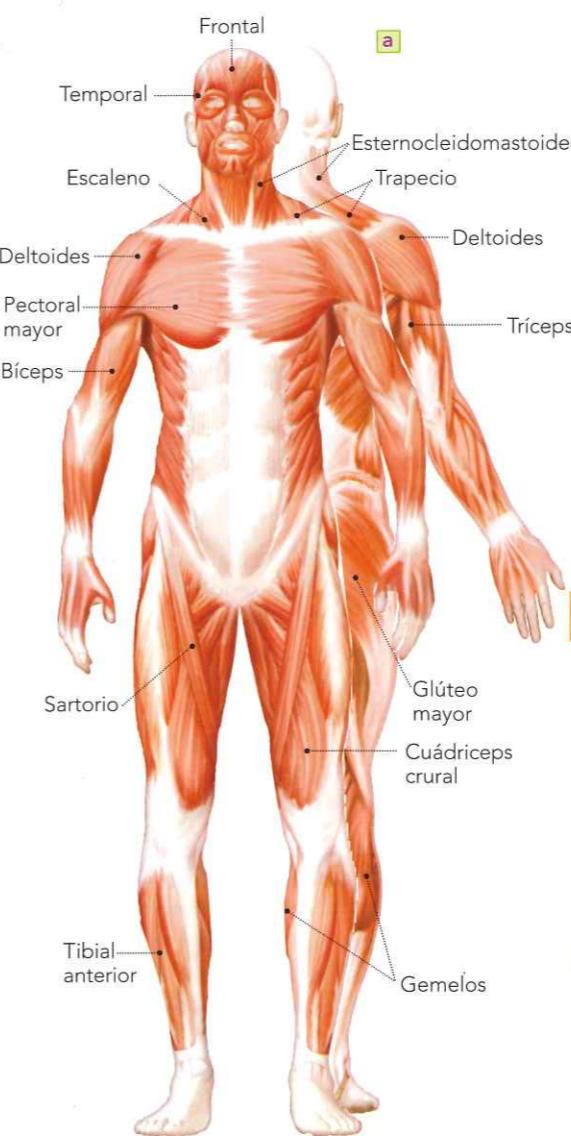
Tejidos:
capítulo 6.
Transmisión
del impulso
nervioso:
capítulo 12.

Clasificación y acción de los músculos esqueléticos

- **C Nombrá algún músculo esquelético que conozcas. ¿Dónde se ubica? ¿Qué tipo de movimiento te permite llevar a cabo? Mientras ese músculo se contrae, ¿hay algún otro que se relaje? ¿Cuál?**

Los músculos esqueléticos se pueden clasificar según la forma (cuadro 13-1) o de acuerdo con su localización (figura 13-24 a y b):

- **músculos de la cabeza:** como el frontal y los temporales.
- **músculos del cuello:** como el esternocleidomastoideo y los escalenos.
- **músculos del tronco:** como los pectorales mayores, los intercostales y los trapecios.
- **músculos de las extremidades superiores:** como el deltoides, el bíceps, el tríceps y los palmares.



▲ Fig. 13-24 a y b. Músculos del cuerpo humano. Los músculos se disponen en varios planos, de modo que en una sola vista no se pueden mostrar todos. En la figura b podés observar, por ejemplo, los músculos profundos del pecho.

Denominación	Ubicación	Características	Ejemplos
Cortos	Alrededor de las articulaciones.	Poco movimiento pero mucha fuerza.	Cuadrados, semicirculares.
Anchos	Cuello y cabeza, paredes torácica y abdominal.	Poco movimiento y poca fuerza.	Diáfragma, transverso del abdomen.
Largos	A lo largo de las extremidades, en capas o estratos.	Mucho movimiento y mucha fuerza.	Tríceps, sartorio, gemelos.

▲ Cuadro 13-1. Clasificación de los músculos esqueléticos según su forma.

- **músculos de las extremidades inferiores:** como el sartorio, el tibial anterior y los gemelos.

Los músculos esqueléticos permiten realizar una variedad de movimientos. Los más importantes son: la **aducción** y la **abducción** (acercamiento y alejamiento de las extremidades hacia el eje del cuerpo); la **flexión** y la **extensión** (acercamiento o separación de dos partes de una extremidad); la **circunducción** (movimiento circular); la **rotación** (giro); la **pronación** (cuando se lleva la palma hacia atrás y adentro) y la **supinación** (cuando se lleva la palma hacia adelante y afuera).

Cuando, por ejemplo, flexionamos el antebrazo, un músculo (en este caso, el bíceps) se contrae, se acorta, "tira" del hueso y provoca el movimiento deseado: la aducción. Al tiempo que el bíceps se contrae, otro músculo (el tríceps) se relaja y estira. Cuando éste se contrae, el bíceps se relaja y se produce la abducción del antebrazo. Bíceps y tríceps son, entonces, **músculos antagonistas**.

Aplicación y análisis

5. Respondé las preguntas en tu carpeta.
 - a) ¿En qué consiste la función de sostén? Mencioná por lo menos tres estructuras que cumplan con esta función en el reino animal.
 - b) Explicá en qué se parecen y en qué se diferencian, respecto de la función de sostén, los siguientes organismos: un delfín y un tiburón; una mosca y un caracol; un anfioxo y una salamandra.
6. Explicá las diferencias que existen entre los siguientes pares de términos:
 - a) Exoesqueleto y endoesqueleto.
 - b) Notocorda y columna vertebral.
 - c) Esqueleto axial y esqueleto apendicular.
 - d) Osteoblasto y osteoclasto.
 - e) Sinartrosis y diartrosis.
 - f) Músculo liso y músculo estriado.
 - g) Ligamentos y tendones.
7. Realizá un dibujo esquemático que represente un hueso largo y referencial. Da por lo menos tres ejemplos de huesos largos del cuerpo humano.
8. Prepará un cuestionario sobre los temas de todo el capítulo que no exceda las diez preguntas. Inter cambialo con un compañero, respondan las preguntas correspondientes y evalúense mutuamente. ¿Cómo les fue?
9. Indicá a qué tipo de articulación corresponde cada una de las siguientes descripciones:
 - a) La superficie convexa de un hueso encaja con la superficie cóncava de otra. Sólo se mueve en un plano. Se da en el codo y la rodilla.
 - b) Cada superficie es cóncava y convexa, por lo que los huesos se mueven adelante y atrás, y de lado a lado, pero su rotación es limitada.
 - c) La cabeza redondeada de un hueso encaja con la cavidad en forma de copa de otro. Esta articulación permite muchos movimientos, y ocurre en el hombro y la cadera.
10. Indicá la función de los siguientes tipos de músculos esqueléticos y relacioná a cada uno con su antagonista. Da un ejemplo de cada uno y explicá qué significa el antagonismo en el trabajo muscular.

a) Flexor	d) Supinador
b) Abductor	e) Extensor
c) Pronador	f) Aductor

Organización de la información

13. Todos los elementos que constituyen los sistemas óseo y muscular actúan de manera integrada y coordinada. Realizá dos mapas conceptuales para explicar cómo están compuestos dichos sistemas. Tené en cuenta que en cada mapa debés incluir: los órganos de cada sistema y los tipos de tejido, la clasificación según la forma que poseen y su localización en el cuerpo humano.

© Santillana S.A. Prohibida su fotocopia. Ley 11.723

11. Observá el esquema correspondiente a la estructura de un músculo esquelético (figura 13-23) y luego resolvé las consignas.

- a) Escribí tres palabras clave sobre el tema "estructura del músculo esquelético" y otras tres sobre "contracción muscular". Luego escribí un párrafo con esas palabras que explique el mecanismo por el cual un músculo genera el movimiento del cuerpo.
- b) ¿Qué función cumplen los tendones?
- c) Teniendo en cuenta la fisiología de la contracción muscular ordená la secuencia colocando el número correspondiente:
 - Sarcómero estimulado.
 - Unión de las bandas I y A.
 - Contracción del sarcómero.
 - Contracción de la fibra muscular.
 - Llegada del estímulo.
 - Liberación de calcio entre las miofibrillas.
 - Contracción del músculo.

12. Reunite con un compañero y respondan las consignas. Busquen la información complementaria que haga falta.

- a) Expliquen estas situaciones indicando los procesos implicados en cada una:
 - Se estima que cada siete años el organismo renueva todo el esqueleto.
 - Hasta los 30 años, aproximadamente, predomina la formación ósea.
 - Entre los 30 y los 40 años, la destrucción y la formación de hueso son parejas.
 - A partir de los 40 años predomina la destrucción ósea.
 - Cuando un hueso se fractura, entre los extremos fracturados se forma un puente óseo llamado callo que permite la restauración del hueso dañado.
- b) ¿Por qué es tan importante una buena nutrición para evitar la osteoporosis?
- c) ¿En qué consiste la enfermedad?
- d) Averigüen qué es la densitometría ósea y para qué se utiliza.

Luego respondé:

- a) ¿Qué funciones cumplen los músculos lisos?
- b) ¿Qué función cumple el músculo cardíaco?
- c) ¿Qué estructuras mencionadas en el mapa conceptual intervienen en los movimientos voluntarios?
- d) ¿Cuál es el sistema que permite que los movimientos voluntarios e involuntarios puedan llevarse a cabo?
- e) ¿Qué son las articulaciones? ¿Las incluiste en alguno de los dos mapas conceptuales? ¿Por qué?

Trabajo de laboratorio

14. En grupo, averigüen cómo es de rígido un hueso. La rigidez de los huesos se debe a las sales minerales que los forman, pero las sales se depositan sobre una matriz o andamiaje de proteínas. Ambos materiales son necesarios para que el hueso tenga unas propiedades mecánicas apropiadas.

Antes de trabajar

Lean el experimento que van a realizar, reúnan los materiales previstos y distribuyan las tareas entre todos los integrantes. Tengan presentes las normas de seguridad para trabajar en el laboratorio ya que usarán una sustancia corrosiva.

Materiales: una balanza; un tubo de ensayo, preferiblemente grande y de fondo plano; un hueso de pollo limpio que quepa en el tubo; una aguja emmangada; una pinza de metal; papel de filtro; ácido clorhídrico diluido al 15%.

Procedimiento

- 1.º Pesen el hueso de pollo y registren el dato.
- 2.º Comprueben su rigidez. Por ejemplo, intenten pincharlo con la aguja emmangada y pellizquenlo con la pinza. Anoten sus impresiones. ¿Se les ocurre otra forma de comprobar la rigidez del hueso? Pruébenlo.
- 3.º Introduzcan el hueso en el tubo de ensayo y añadan, con mucho cuidado, el ácido clorhídrico diluido hasta cubrir el hueso. El burbujeo que se irá produciendo es indicador de que las sales (carbonato cálcico) que impregnán el hueso se están desprendiendo.
- 4.º Mantengan el hueso en este baño durante varios días, renovando el ácido clorhídrico si ven que cesa el burbujeo.
- 5.º Cuando haya cesado definitivamente el burbujeo, vacíen el contenido del tubo en la pileta con sumo cuidado. Laven con abundante agua el hueso y séquenlo con el papel de filtro.
- 6.º Una vez que el hueso esté bien seco, tienen que pesarlo de nuevo y compararlo con la primera medida registrada. Repitan asimismo sus observaciones respecto de la rigidez.

- 7.º Averigüen el porcentaje de masa que perdió el hueso, correspondiente a las sales que ha perdido. Pueden usar esta fórmula:

$$\text{Porcentaje de sales perdidas} = \frac{P_0 - P_1}{P_0} \cdot 100$$

donde P_0 es la masa inicial, sin ningún tratamiento, y P_1 es la masa después de descalcificar con el ácido.



Fig. 13-25. Comprobación de la rigidez del hueso antes de introducirlo en el ácido.



Fig. 13-26. Cuando el hueso se pone en contacto con el ácido, se observa un burbujeo.



Fig. 13-27. Comprobación de la rigidez del hueso luego de introducirlo en el ácido.

Para pensar en los resultados

- a) ¿Era rígido el hueso antes del experimento? ¿Y después?
- b) ¿Qué función cumplió el ácido clorhídrico?
- c) ¿Qué cantidad de sales contenía el hueso antes del experimento?
- d) ¿Qué sustancia le confería rigidez?
- e) Sugerencias para seguir trabajando: ¿pasará lo mismo con cualquier hueso del mismo animal? ¿Y si se trata de otro animal? ¿Y en el caso de los cartílagos?

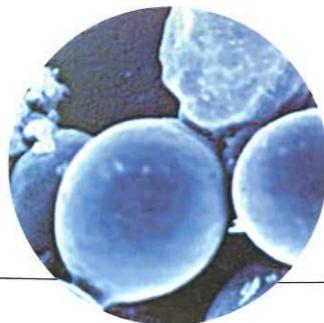
Capítulo 14

Las defensas del organismo humano

ayer

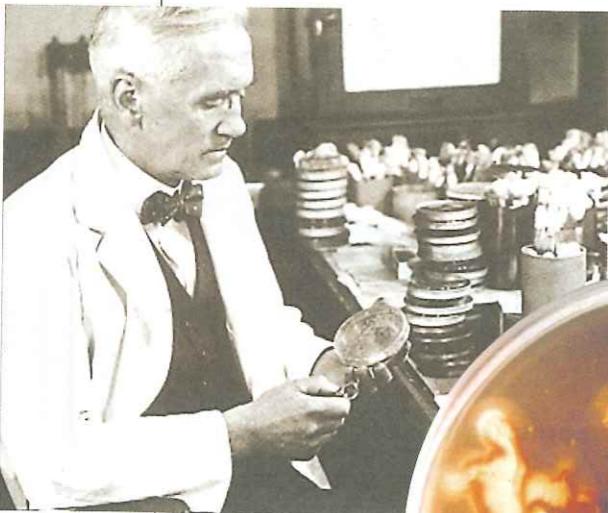


172



El hallazgo que cambió la historia de la medicina: la penicilina. El descubrimiento de la penicilina, uno de los antibióticos más empleados en la actualidad, es una historia que combina curiosidad e ingenio. Comenzó durante la Primera Guerra Mundial, cuando el científico Alexander Fleming, que era médico militar, quedó impresionado por la gran mortandad causada por las heridas infectadas. Fleming estudiaba las heridas y el poder antibacteriano de los glóbulos blancos, células que encontraba en el pus de las heridas infectadas. La idea de encontrar un agente antibacteriano lo obsesionaba. La solución a este dilema llegó de manera casual. Sucedió en 1928, cuando Fleming se encontraba en Londres trabajando sobre bacterias conocidas como estafilococos. El estudio de estas colonias de bacterias requería abrir de vez en cuando las placas de cultivo donde crecían, para observarlas con el microscopio y así lo hizo. Unos días después, Fleming observó que una de las placas de estafilococos se había contaminado con hongos. La contaminación no era rara, lo sorprendente fue que justo en esa placa las colonias de bacterias estaban siendo destruidas. Y como él estaba abocado a la búsqueda de un agente antibacteriano, no tiró la placa contaminada sino que, por el contrario, la analizó detalladamente y así pudo determinar cuál era la sustancia que eliminaba las bacterias. La llamó **penicilina**, ya que era producida por el hongo *Penicillium notatum*.

En 1940, investigadores estadounidenses lograron aislar y purificar la penicilina y su uso se generalizó en la Segunda Guerra Mundial, durante la cual salvó muchas vidas de soldados heridos. El hallazgo de la penicilina se considera el logro más importante de la medicina en el siglo XX porque inauguró una nueva familia de medicamentos: los **antibióticos**.



▲ Fig. 14-1. El microbiólogo Alexander Fleming en su laboratorio.



▲ Fig. 14-2. Vista microscópica del hongo *Penicillium notatum* con poder antibacteriano.



▲ Fig. 14-3. Placa de Petri con cultivo de estafilococos contaminada con *Penicillium notatum* (a simple vista).

Cuando los antibióticos dejan de ser efectivos. Uno de los periódicos de mayor distribución en la Argentina anunció el 19 de diciembre de 2005 un hecho importante: a partir de marzo de 2006 estaría disponible en nuestro país un nuevo antibiótico. ¿Cuál es la novedad si permanentemente se están desarrollando nuevos antibióticos? La importancia del anuncio es que este nuevo antibiótico ofrece una amplia cobertura contra **bacterias multirresistentes** que han aparecido en los últimos años. Éste es un problema muy preocupante no sólo en la Argentina: muchas bacterias se han vuelto resistentes a los antibióticos. Es decir que los antibióticos que antes las eliminaban pierden eficacia frente a las bacterias, y la persona infectada puede tener graves consecuencias si no se encuentra una terapia alternativa para la infección. Este fenómeno de resistencia a los antibióticos es causado, en parte, por su uso inapropiado. Al suministrar antibióticos de manera indiscriminada, al automedicarse sin saber exactamente cuál es el agente que causa la enfermedad, o al emplear antibióticos por períodos más cortos que lo indicado por el médico, lo que se logra es un proceso de selección: se eliminan las bacterias sensibles, pero las más resistentes a los diferentes antibióticos sobreviven y se multiplican. Si estas bacterias provocan infecciones, no hay antibióticos capaces de eliminarlas. Frente a esta realidad, un nuevo antibiótico que sea efectivo contra las bacterias resistentes supone una buena noticia, que merece un anuncio público.

→ hoy



▲ Fig. 14-4. Producción de antibióticos.

◀ Fig. 14-5.
Las cepas resistentes de las bacterias se desarrollan mediante un proceso evolutivo, acelerado por el número abundante de microbios y sus tasas rápidas de división.



1. Respondé las preguntas teniendo en cuenta la información de "ayer" y de "hoy".
 - a) Averiguá qué son los antibióticos y contra qué tipo de microorganismos actúan. ¿Por qué no nos dan antibióticos cuando estamos resfriados o con gripe?
 - b) Estamos rodeados de microorganismos, algunos de ellos causantes de enfermedades, ¿por qué, entonces, no estamos generalmente enfermos?
 - c) ¿Por qué en ocasiones nos enfermamos? ¿Cómo te podés dar cuenta de que estás enfermo?
 - d) Si nuestro organismo tiene mecanismos de defensa contra agentes extraños, ¿por qué se necesita usar antibióticos?
 - e) Seguramente te aplicaron vacunas y te dieron alguna vez antibióticos, ¿en qué casos se aplica cada uno? ¿Dirías que las vacunas tienen la misma función que los antibióticos? Justificá tu respuesta.

173

S

14
Capítulo

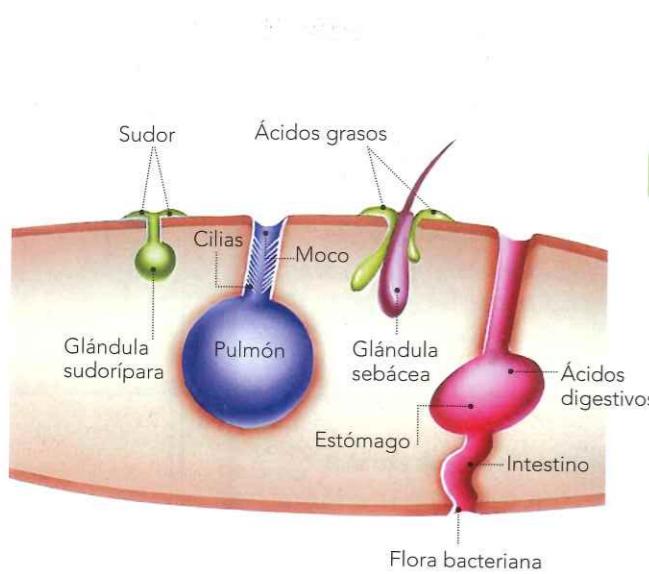
Las defensas del organismo

¿Cómo es posible que aunque estamos permanentemente expuestos a los agentes extraños, algunos de ellos patógenos, en general estamos sanos? Esto se debe a que nuestro cuerpo cuenta con **mecanismos de defensa**, que actúan no sólo contra aquellos factores extraños o noxios que provienen del exterior, sino también frente a las alteraciones que se originan dentro del cuerpo, en las propias células. Si es así, ¿por qué nos enfermamos?

El desarrollo de una enfermedad implica una falla o una insuficiencia en el funcionamiento de alguno de los mecanismos de defensa. Estas defensas se pueden clasificar en dos grupos, según su modo de acción:

■ **Inespecíficas:** son barreras y mecanismos que impiden el ingreso de agentes extraños en el organismo. Se denominan inespecíficas porque actúan de igual forma frente a cualquier agente extraño, independientemente de sus características o su procedencia. Incluyen la piel, las mucosas que recubren el interior de algunos órganos y sus secreciones, y el proceso de inflamación.

■ **Específicas:** son mecanismos especializados mediante los cuales se reconoce el agente extraño que ingresa en el organismo, y se elabora una respuesta para eliminarlo. Esta respuesta es específica para cada agente extraño e involucra la acción del sistema inmunológico, por eso se denomina "respuesta inmune". En esta reacción intervienen los glóbulos blancos y las moléculas que fabrican, como los anticuerpos.



▲ Fig. 14-6. Las defensas inespecíficas.

Las defensas inespecíficas

La primera línea de defensa con la que se encuentran los agentes extraños está integrada por la **piel** que envuelve exteriormente el cuerpo, las **mucosas** que revisten los conductos internos, y sus **secreciones**. Estas defensas actúan a modo de barrera e impiden la entrada o la diseminación dentro del cuerpo de agentes extraños, sean microorganismos (bacterias, virus, protozoos, hongos) o las sustancias que ellos producen y que pueden ser tóxicas. Estas barreras se resumen en la figura 14-6.

La superficie externa de la piel –epidermis– si está entera y sana, resulta impenetrable para los agentes externos. Además, resulta ser un medio inhóspito para el desarrollo de microorganismos. ¿Por qué? La piel se descama y está cubierta por el **sudor** y el **sebo**, que contienen sustancias ácidas y bactericidas (matan bacterias). También la **saliva**, las **lágrimas** y la **secreción nasal** contienen sustancias, como la enzima lisozima, que tienen función bactericida. Sobre la piel y dentro del intestino habitan bacterias inofensivas que integran la **flora bacteriana**, y que impiden que se instalen otros microbios que podrían resultar nocivos. En las **mucosas respiratorias**, los microbios y las partículas extrañas quedan atrapados en el moco y son eliminados por la tos y el estornudo, o tragados y se eliminan en el estómago por la acción de los **ácidos digestivos**. También la mucosa que recubre el interior del conducto urinario y genital secreta un moco que atrapa agentes extraños.

- c
2. Analizá la figura 14-6 e indicá qué representa las líneas superior e inferior del esquema.
 3. Habitualmente se sugiere condimentar las verduras con vinagre (ácido acético) para evitar enfermedades que se transmiten por los alimentos. ¿Qué relación podrías establecer entre esta medida y las condiciones del estómago?
 4. Los productos lácteos probióticos contienen microorganismos que, según se dice, "refuerzan las defensas del organismo". Averiguá cómo actúan en las defensas inespecíficas.



Sistema digestivo:
capítulo 7.
Sistema respiratorio:
capítulo 8.
Sistema circulatorio:
capítulo 9.
Enfermedades infecciosas:
capítulo 15.



Células y tejidos:
capítulo 6.
Coagulación:
capítulo 9.

¿Qué es la inflamación?

Seguramente te habrás golpeado o lastimado alguna vez y habrás experimentado los síntomas de la **inflamación**. ¿Cuáles son esos síntomas? ¿Por qué se producen? La zona afectada se hincha, se pone colorada y aumenta su temperatura. La inflamación es un proceso que se desencadena cuando ocurre una alteración en los tejidos, como consecuencia de un golpe o una herida cortante. Al abrirse la piel, intervienen los **fagocitos**, un tipo particular de glóbulos blancos (leucocitos) que reconocen y eliminan los agentes extraños que podrían haber ingresado. Por lo tanto, este proceso constituye la **segunda línea de defensas del organismo** que actúa cuando las primeras barreras fueron atravesadas.

La inflamación es una defensa inespecífica, ya que los fagocitos eliminan por igual cualquier tipo de microbio en el área lesionada (figura 14-7). Si la lesión provoca la ruptura de algún vaso sanguíneo, entonces, paralelamente, comienza la coagulación de la sangre.

¿Y cómo ocurre la inflamación? En el momento en que se produce la lesión, algunas células del tejido dañado liberan **histamina**, una sustancia que provoca un aumento en la irrigación de sangre hacia la zona afectada. Esto provoca el enrojecimiento y el aumento de temperatura en la lesión, lo que impide la reproducción de los microbios. Las paredes de los capilares sanguíneos en la zona lesionada se vuelven más permeables, por lo que parte del plasma sanguíneo sale de los vasos e inunda los tejidos, provocando hinchazón. También los fagocitos atraviesan los capilares y se dirigen a la zona lesionada donde fagocitan (envuelven y degradan) los microorganismos. Habitualmente, en

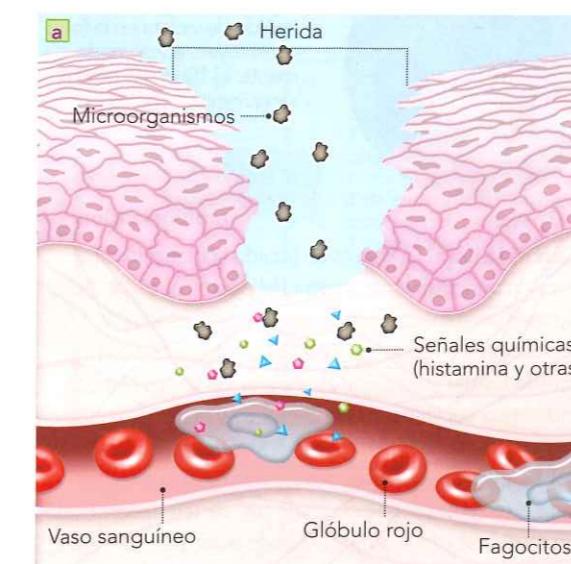
la herida es posible ver la formación de **pus**. Éste es un indicio de la reacción de defensa que se está produciendo, ya que el pus contiene restos de tejido dañado, microbios muertos y glóbulos blancos.

c Recordá en qué consiste la coagulación sanguínea y explicá qué es lo que impide. ¿Cuáles son los componentes de la sangre que participan en este proceso?

Una vez que la herida está limpia de microbios, comienza la **cicatrización**, durante la cual las células que rodean la herida se multiplican y regeneran el tejido dañado.

Las defensas específicas

Veamos ahora con más detalle por qué si el cuerpo humano cuenta con las defensas inespecíficas, de todas maneras se producen enfermedades. En primer lugar, hay que tener en cuenta que hay una enorme diversidad de microorganismos y que, en ocasiones, algunos de ellos logran atravesar las barreras e ingresan en la sangre donde se multiplican y pueden provocar una enfermedad infecciosa. Pero, además, puede ocurrir que una célula del organismo se altere y resulte extraña al propio cuerpo, por lo que las defensas reaccionarán contra ellas. Por ejemplo, una célula del cuerpo infectada por un virus, o una célula cancerosa (célula del individuo que ha sido alterada y se multiplica sin límites), o células de otro individuo que entraron a través de un trasplante o de una transfusión sanguínea. ¿Cómo reacciona el organismo frente a este tipo de alteraciones? Cuando esto sucede, se produce la **respuesta inmune**, un mecanismo de defensa específico, realizado por el **sistema inmunológico**.



▲ Fig. 14-7. Respuesta inflamatoria: a, ingreso de microorganismos y liberación de histamina; b, acción de los fagocitos y manifestación de la inflamación, con enrojecimiento e hinchazón de la zona afectada.

El sistema inmunológico y la respuesta inmune

La función del sistema inmunológico es identificar los componentes propios del organismo (células, tejidos, órganos), y eliminar los agentes reconocidos como extraños, tanto microorganismos como células propias alteradas. En la función inmunológica intervienen distintos tipos de glóbulos blancos y los **anticuerpos** (de ellos nos ocuparemos más adelante).

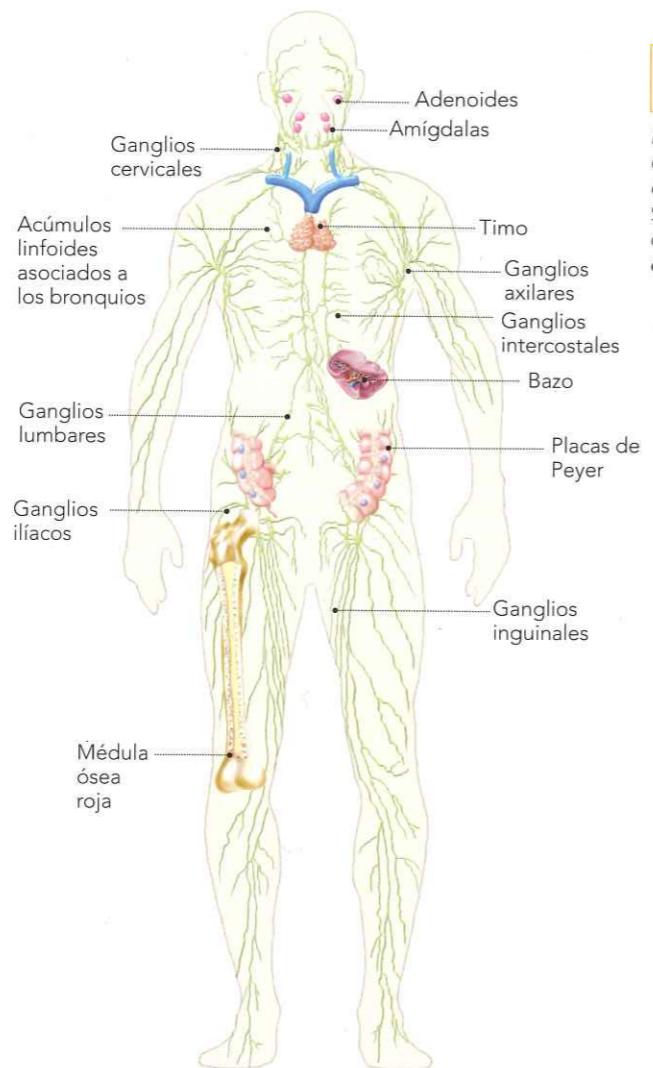
Un papel fundamental en la acción inmunológica lo desempeña el **sistema linfático** que se muestra en la figura 14-8, integrado por los órganos linfoides, los capilares linfáticos y la linfa que circula dentro de ellos.

Los glóbulos blancos que intervienen en la respuesta inmune son los **linfocitos**. Se trata de células que se originan y maduran en los órganos linfoides primarios, esto es, en la **mácula ósea** de algunos huesos y en el **timo**, una glándula situada entre la tráquea y el esternón. Los linfocitos que maduran en la misma mácula ósea se denominan **linfocitos B**, mientras que los que van a especializarse en el timo son los **linfocitos T**. Luego, los linfocitos B y T son conducidos por los vasos linfáticos hacia los órganos linfoides secundarios, integrados por **adenoides**, **amígdalas**, **ganglios linfáticos**, **bazo** y ciertas células del intestino delgado (llamadas **placas de Peyer**). Allí los linfocitos B y T se almacenan y se activan en respuesta a la presencia de un agente extraño, y desde ahí pasan a la sangre y la linfa y recorren el cuerpo en defensa del organismo. De esta forma, los linfocitos y los anticuerpos "patrullan" todos los rincones por donde podría aparecer un agente extraño.

¿Por qué se inflaman los ganglios linfáticos? Son unos pequeños nódulos distribuidos por todo el cuerpo, pero se concentran preferentemente en el cuello, la ingle y las axilas, y funcionan como "puestos de control" donde se inicia la respuesta inmune. Cuando un ganglio linfático detecta algún agente extraño en el organismo, empieza a producir grandes cantidades de linfocitos. Esta producción aumentada de glóbulos blancos produce la inflamación de los ganglios. Por lo general, los ganglios que se inflaman más son los ubicados más cerca de la zona infectada.

5. Respondé.

- Por qué es importante que los componentes del sistema inmunológico se encuentren distribuidos por todo el cuerpo?
- Podría ocurrir que un microorganismo entre en el organismo, se multiplique y que, de todas maneras, no se desarrolle la enfermedad? Justifícá.



▲ Fig. 14-8. Componentes del sistema linfático; intervienen en la función inmunológica.



◀ Fig. 14-9. Los glóbulos blancos (teñido de violeta en la foto) constituyen, aproximadamente, el 1% de las células sanguíneas.

profundización

¿Qué es la linfa? La linfa es un líquido blanquecino que se forma principalmente a partir del plasma que sale de los capilares sanguíneos y permanece en los espacios intercelulares. En estos espacios, la linfa se conoce como **líquido tisular** y contiene abundantes glóbulos blancos (especialmente linfocitos), nutrientes y sustancias de desecho. El sistema linfático está formado por ganglios linfáticos y vasos linfáticos, que transportan linfa desde los tejidos hasta el torrente sanguíneo, en donde vierten su contenido (sin mezclarse con la sangre). El sistema linfático interviene en la función de defensa y en la eliminación de desechos celulares.

Inmunidad y memoria inmunológica

La respuesta inmune incluye el reconocimiento del agente extraño, su eliminación y la adquisición de una protección inmunológica o **inmunidad**. Cuando el sistema inmunológico elimina un agente extraño, el organismo queda protegido contra ese agente particular. Por eso se dice que, una vez que se realiza la respuesta inmune, se adquiere **memoria inmunológica**. ¿Qué significa esto? Que cada vez que ingrese este mismo tipo de agente, las células del sistema inmunológico específicas para ese agente extraño van a estar listas para eliminarlo rápidamente, antes de que pueda causar la enfermedad.

C A partir del párrafo anterior, ¿podrías explicar por qué se dice que una persona no contrae dos veces la misma enfermedad?

La figura 14-10 resume los diferentes tipos de glóbulos blancos que intervienen en la respuesta inmunológica y su función.

Antígenos y anticuerpos

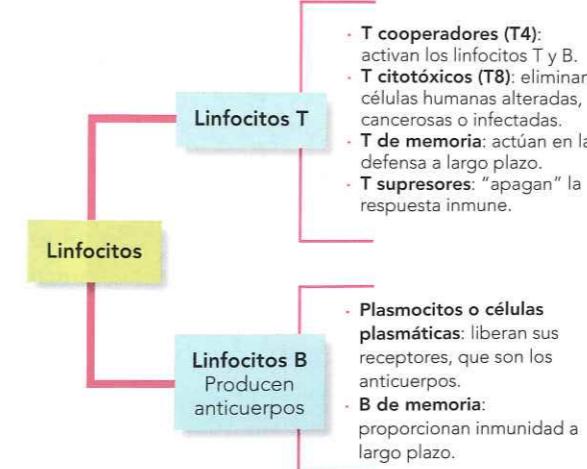
Ya sabés que la respuesta inmune constituye un tipo de defensa específica, pues los glóbulos blancos y los anticuerpos que participan son diferentes y específicos según el agente extraño particular que ingresa. ¿Cómo es que los agentes extraños son reconocidos por el sistema inmunológico? Porque poseen sustancias diferentes de las propias y son las que desencadenan la respuesta inmune. Por ejemplo, los microbios o las células de otros organismos pueden liberar o tener sobre su superficie ciertas moléculas que el propio cuerpo no fabrica y que, por lo tanto, le resultan desconocidas.

Toda sustancia que es reconocida como extraña al organismo y que provoca una respuesta inmunológica se denomina **antígeno**. Entonces, los antígenos desencadenan la respuesta inmune y determinan la fabricación de **anticuerpos específicos** contra ellos. Los anticuerpos que intervienen en cada caso son aquellos que "encajan" exactamente con los antígenos.

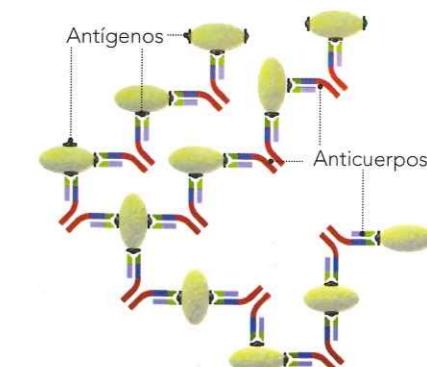
Como muestra la figura 14-11, cada anticuerpo tiene dos sitios de unión para el tipo de antígeno que tenga la "forma" específica. Al tener dos sitios de unión, los anticuerpos pueden unirse a los antígenos situados sobre diferentes células. Observá la figura 14-12; si entran células extrañas (representadas en color verde), éstas son reconocidas, a partir de los antígenos que tienen sobre su superficie (puntos de color negro), por los anticuerpos, que se unen a ellos. De esta manera, al unirse a antígenos en diferentes células, se forman redes de células extrañas que quedan atrapadas y luego son eliminadas. La formación de estas redes se denomina **aglutinación**, y es una etapa de la respuesta inmune que se describe en la página siguiente.



▲ Fig. 14-11. Representación de un anticuerpo que une dos antígenos específicos.



▲ Fig. 14-10. Tipos de glóbulos blancos.



▲ Fig. 14-12. Aglutinación. Agentes extraños (verdes) unidos mediante anticuerpos que reconocen los antígenos (puntos negros) en su superficie.

La respuesta inmune primaria

Cuando un agente extraño ingresa en el organismo por primera vez se desencadena la **respuesta inmune primaria**.

Observá la figura 14-13. Los primeros glóbulos blancos que actúan son los **macrófagos**. Estas células son fagocitos: envuelven y degradan cualquier agente extraño que reconocen como tal (como en la inflamación) (1).

Una vez digerido el agente extraño, los macrófagos exponen en la membrana plasmática los antígenos unidos a un grupo de proteínas denominadas **complejo mayor de histocompatibilidad** (siglas MHC, en inglés) (2).

El paso siguiente es la activación de los **linfocitos T4 (cooperadores)** específicos. Es decir, aquellos que tienen un receptor que "encaje" exactamente con el complejo antígeno-MHC (3).

Una vez hecho este reconocimiento,

los linfocitos T4 específicos se multiplican y liberan unas sustancias, las **linfocinas**, que activan los **linfocitos B** específicos, que tienen en la superficie celular receptores que encajan con los antígenos del agente extraño.

A diferencia de los linfocitos T, los linfocitos B pueden reconocer los antígenos cuando el agente extraño está entero, y no necesitan del complejo MHC (4). Entonces, los linfocitos B específicos se multiplican (5).

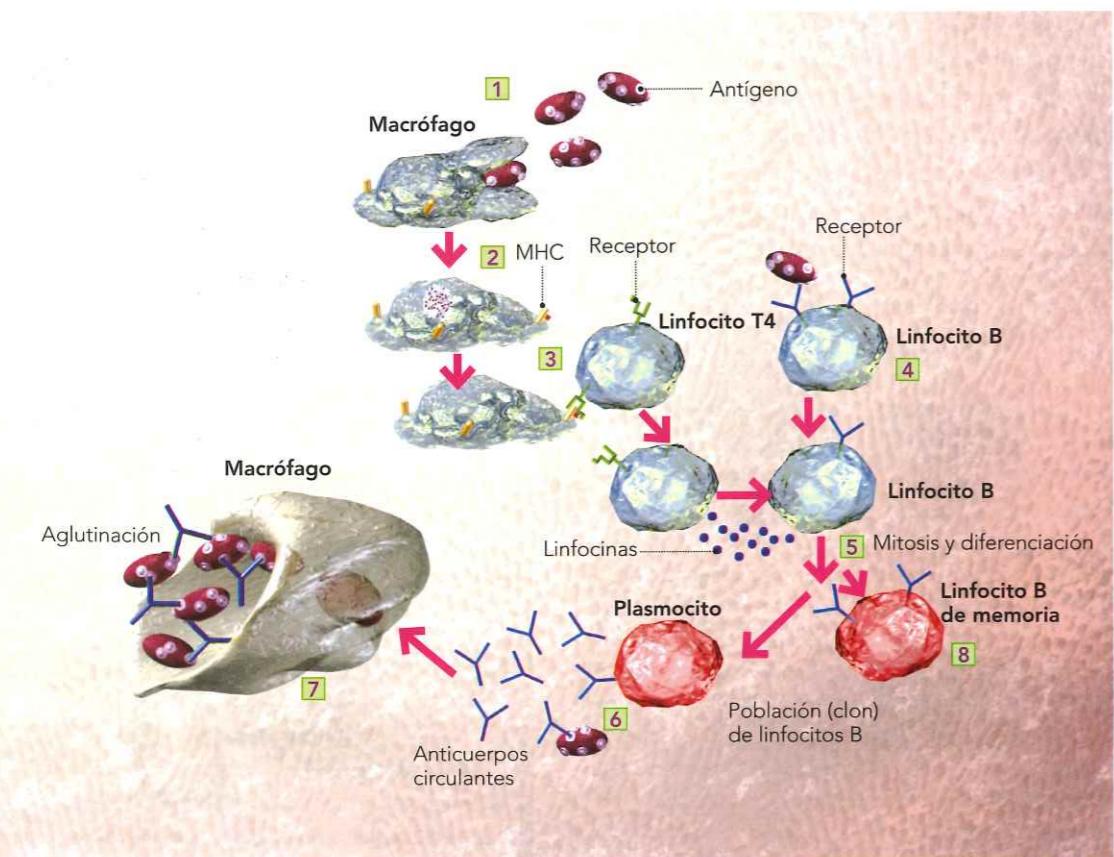


Fig. 14-13. Respuesta inmune primaria.

linfocitos B, los **plasmocitos**, liberan sus receptores en el plasma sanguíneo. Estos receptores, que ahora se llaman **anticuerpos**, viajan por la sangre y la linfa en busca de más agentes extraños (6). Cuando los anticuerpos se unen a los antígenos atrapan los agentes extraños (aglutinación) y estos complejos de células son fagocitados por otro macrófago (7). Cuando el agente extraño se ha eliminado, actúan los **linfocitos T supresores** que producen sustancias que anulan la actividad de los macrófagos, de los linfocitos B y T.

Los linfocitos B que no sueltan sus receptores se llaman **linfocitos B de memoria** y quedarán de esa forma circulando por la sangre durante años (8). Son los que proporcionan protección a largo plazo y los que intervienen en la **respuesta inmune secundaria** si el mismo tipo de agente extraño vuelve a ingresar en el organismo.

Si las células extrañas fueran células de otro individuo, porque entraron a partir de una transfusión sanguínea, de un trasplante de órganos, o si fueran células propias infectadas o cancerígenas, la respuesta inmune sería similar. Pero los linfocitos T4 envían señales que activan los **linfocitos T8 (citotóxicos)**. Estos glóbulos blancos, al ser activados, se multiplican y eliminan específicamente células extrañas.

La respuesta inmune secundaria

Como ya dijimos, cuando un agente extraño entra nuevamente en el cuerpo, es decir que ya fue reconocido y eliminado en la respuesta inmune primaria, se pone en marcha la respuesta inmune secundaria. En esta oportunidad, actúan directamente los linfocitos que quedaron activados de la vez anterior, circulando con sus receptores listos para unirse a los antígenos. Es decir, linfocitos B de memoria. En la figura 14-14, los linfocitos B de memoria reconocen directamente el agente extraño, se multiplican, generan plasmocitos que liberan sus receptores (anticuerpos), y nuevos linfocitos B de memoria, que quedarán activados por si ocurre en el futuro una nueva infección con el mismo tipo de agente extraño. Esta respuesta es más rápida y eficaz que la primaria, ya que produce en menos tiempo más cantidad de anticuerpos.

Aliados inmunitarios: vacunas y sueros

Hasta ahora vimos la inmunidad (protección inmunológica) que se adquiere de forma **natural**, cuando ingresa un agente extraño del entorno, y de manera **activa**, ya que el sistema inmune actúa y genera sus propios anticuerpos y linfocitos de memoria. Pero existen otras formas de adquirir inmunidad, como se resume en la figura 14-15. Por ejemplo, mediante la aplicación de una **vacuna**, un preparado que contiene el agente causante de la enfermedad en estado debilitado, muerto, o sus antígenos. De este modo es reconocido como extraño por el sistema inmune pero no es capaz de enfermar. El objetivo de la vacuna es "obligar" al sistema inmune a generar una respuesta inmune primaria y linfocitos B de memoria. Si, en un futuro, ese agente extraño en su estado natural entrara en el cuerpo, se produciría la respuesta inmune secundaria, más veloz y eficiente. Este tipo de inmunidad es activa (ya que el propio sistema inmune actúa) y **artificial**, porque el agente extraño se introduce intencionalmente. La inmunidad activa, natural o artificial, lleva unos días porque se debe desarrollar la respuesta inmune.

Otra forma de adquirir inmunidad es de manera **pasiva**. Es decir que el sistema inmune no interviene en la fabricación de los anticuerpos, sino que se introducen "ya fabricados". Puede ser de modo natural, a través de la placenta cuando el bebé se encuentra dentro del útero o a través de la leche materna cuando es amamantado. Pero también se pueden incorporar anticuerpos

mediante un **suero**, un preparado que contiene anticuerpos específicos contra determinados antígenos. Estos anticuerpos se inyectan intencionalmente cuando se sospecha que la persona pudo haberse infectado y no se sabe si está vacunada. A través de la *inmunidad pasiva* no se adquiere memoria inmunológica ya que, al no producirse la respuesta inmune, no quedan en la sangre linfocitos de memoria, y los anticuerpos adquiridos pasivamente actuarán y luego serán degradados.

Existen otras herramientas que utilizamos para colaborar con el sistema inmunitario: los **antibióticos**. Contienen sustancias químicas que afectan la célula bacteriana y, así, impiden la reproducción de las bacterias o las matan. Por lo tanto, se aplican cuando la persona ya desarrolló la enfermedad.

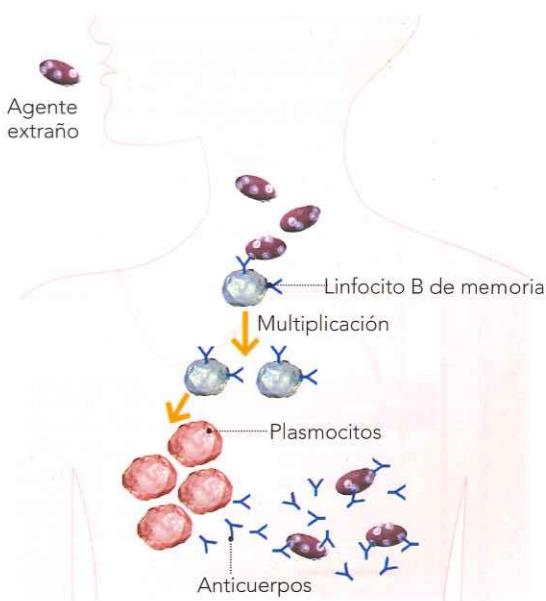


Fig. 14-14. La respuesta inmune secundaria a partir de linfocitos B de memoria es más rápida y eficaz que la primaria.

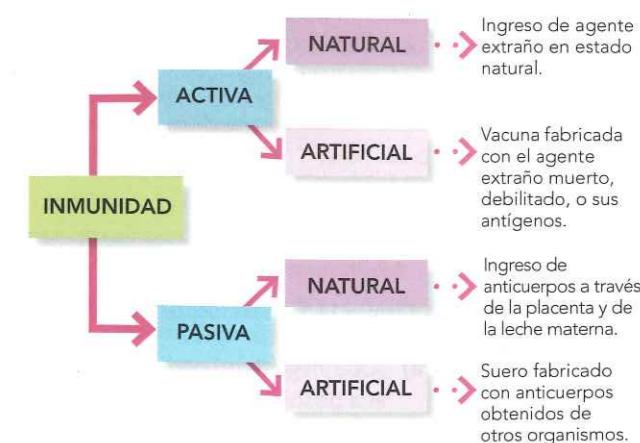
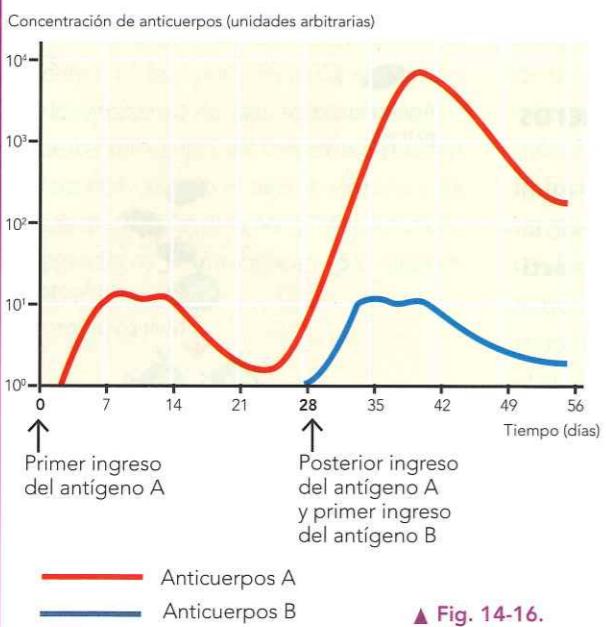


Fig. 14-15. Tipos de inmunidad.

Aplicación y análisis

6. Analizá la figura 14-16 y respondé.
- ¿Qué representa el gráfico?
 - ¿Qué intervalo de la curva roja representa la respuesta inmune primaria y cuál la respuesta inmune secundaria?
 - La respuesta inmune secundaria es más rápida y eficiente que la primaria. ¿Cómo se nota esto en el gráfico?
 - ¿Cómo explicarías tu contestación anterior a partir de lo aprendido sobre respuesta inmune?
 - En el segundo período (del día 28 al 56) se muestran dos curvas. ¿Cómo se interpreta esto?
 - Después de que se alcanzó el máximo de anticuerpos, se nota una disminución gradual en su cantidad. ¿Cómo explicarías este hecho?



7. A una persona se le realizó un análisis de sangre en el que se midió la cantidad de células sanguíneas y se obtuvieron los siguientes resultados:

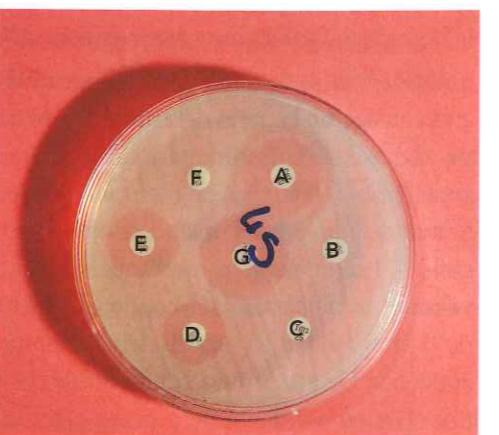
	Valor medido (por mm³)	Valor normal (por mm³)
Glóbulos rojos	4.700.000	4.000.000 - 5.000.000
Glóbulos blancos	12.000	6.000 - 7.000
Plaquetas	350.000	250.000 - 350.000

▲ Cuadro 14-1. Resultados de un análisis sanguíneo.

- ¿Qué irregularidad podés notar en la sangre de esta persona, según los resultados del análisis de sangre?
- ¿Cómo podés explicar estos resultados?

8. Existen muchas variedades de antibióticos que actúan contra diferentes bacterias. Para conocer cuál es el adecuado, se realiza un examen conocido como **antibiograma**. A continuación podrás aprender cómo se hace este análisis. Luego, respondé las preguntas.

Sobre un cultivo de bacterias, extraídas del cuerpo de una persona enferma, se colocan discos de papel embebidos en diferentes antibióticos (señalados en la ilustración con las letras). La placa se coloca en el laboratorio, a una temperatura similar a la del cuerpo humano, durante una semana. En este lapso, el antibiótico se esparce sobre el cultivo, alrededor del disco. Si las bacterias son sensibles al antibiótico, no crecerán en esa zona del cultivo. Es decir que se observará una zona libre de bacterias alrededor del disco. Cuanto mayor es el diámetro de esa zona, mayor es la efectividad del antibiótico contra las bacterias del cultivo.



▲ Fig. 14-17. El antibiótico se extiende desde el disco hacia el medio de cultivo donde están las bacterias.

- ¿Por qué se coloca el cultivo a la temperatura corporal?
- ¿Por qué habrá que esperar algunos días para obtener resultados?
- ¿Qué interpretación das a los círculos que aparecen alrededor de los discos de antibiótico?
- Según los resultados que aparecen en la foto, ¿cuál es el antibiótico más efectivo para eliminar los microorganismos que crecen en este cultivo? ¿Cuál será el menos efectivo? ¿Cómo te diste cuenta?

9. Los virus tienen la particularidad de introducirse dentro de las células donde "toman el control" y se multiplican usando los componentes celulares,

y afectando el funcionamiento normal de la célula infectada. El virus causante del sida infecta sobre todo los linfocitos T4. Cuando se hace un análisis para saber si una persona está infectada con el virus causante del sida (VIH o, en inglés, HIV), hay que determinar si en la sangre se encuentran anticuerpos del VIH. A partir de estos datos respondé.

- ¿Qué dificultad traerá la infección de los linfocitos T4 a la respuesta inmune, teniendo en cuenta la función de esos linfocitos?
- Como resultado de la infección, los linfocitos T4 exponen en su superficie抗原s virales. ¿Qué reacción desencadenará esto?
- ¿Cuáles serían las consecuencias de esta respuesta?
- La palabra sida proviene de la sigla que significa "síndrome de inmunodeficiencia adquirida". ¿A qué se refiere el término "inmunodeficiencia" y cómo se relaciona con tu respuesta anterior?
- Si se detectan anticuerpos contra el VIH significa que el organismo reconoce estos agentes extraños y desencadena la respuesta inmune. Si es así, ¿por qué se puede desarrollar la enfermedad?
- ¿Por qué los antibióticos no son efectivos para curar esta enfermedad?

10. El grupo sanguíneo depende de la presencia de determinadas proteínas sobre la membrana de los glóbulos rojos, como muestra el cuadro 14-2.

Tipo de sangre (grupo)	Proteínas en la membrana de los glóbulos rojos
A	A
B	B
AB	A y B
O	-

▲ Cuadro 14-2. Grupos sanguíneos y proteínas de la membrana de los glóbulos rojos.

- Teniendo en cuenta la respuesta inmune, ¿qué puede suceder si ingresa en el organismo de una persona de grupo B, sangre de grupo A?
- ¿Cuáles son los antígenos en este caso?
- ¿Por qué las personas de grupo O pueden donarle sangre a cualquier otro grupo sanguíneo?
- ¿Por qué el grupo AB puede recibir sangre de cualquier otro grupo sanguíneo?

11. ¿Dirías que a través de la inmunidad activa se adquiere memoria inmunológica? Justificá tu respuesta.

12. Un grupo de amigos se fue de campamento y uno de ellos se cortó con un clavo oxidado que estaba en el suelo. Como corría el riesgo de haberse infectado con la bacteria causante del tétanos, una enfermedad mortal, lo trasladaron a un hospital cercano. ¿Cuál de los tratamientos mencionados en la página 179 suponés que le aplicarían? Justificá tu respuesta.

13. En general, la respuesta inmune es eficiente y el agente extraño es eliminado sin que el individuo se entere, sin síntomas de una enfermedad. ¿Qué ocurrirá en aquellos casos en los cuales hay síntomas de enfermedad y qué tratamiento se recomienda en ese caso?

14. ¿Dirías que la acción del suero es específica? Justificá tu respuesta.

Organización de la información

15. Completá el cuadro 14-3 comparando las características de vacunas y sueros.

Características	Vacunas	Sueros
Tipo de inmunidad		
Composición		
Acción		
Duración del efecto		
Aplicación		
Ejemplos		

- ▲ Cuadro 14-3. Características de las vacunas y los sueros.

16. Diseña un mapa conceptual a partir de los siguientes conceptos:

agente extraño, macrófago, linfocitos T4, linfocitos T8, linfocitos B, plasmocitos, linfocitos B memoria, antígenos, anticuerpos, respuesta inmune secundaria, células alteradas, plasmocitos.

Capítulo 15

Población humana y salud

ayer

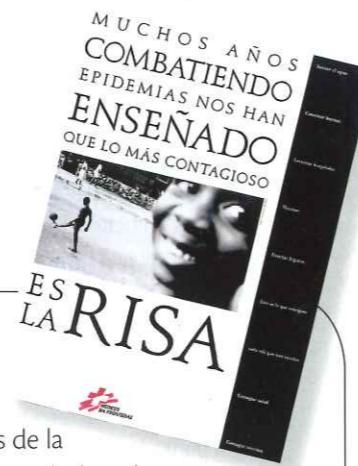
Vacunas y vacunos. Hace miles de años, muchas infecciones se extendían y aniquilaban en poco tiempo poblaciones enteras.

Encontrar la manera de prevenirlas fue uno de los mayores logros de la medicina. La **viruela** era una de las enfermedades mortales. Pocos se salvaban de ella, y quienes lo hacían quedaban con marcas indelebles en la piel, producto de las ampollas y costras que cubrían su cuerpo. Sin embargo, los sobrevivientes no volvían a enfermarse, por lo que resultaron muy útiles en la atención de los enfermos de otra epidemia similar. ¿Qué se podía hacer para que todos quedaran protegidos sin que se enfermaran?

A fines del siglo XVIII, el médico rural inglés Edward Jenner había notado que muchas personas que estaban en contacto con el ganado vacuno sufrían una enfermedad propia de estos animales, similar a la viruela, pero leve y sin mayores consecuencias. Y lo que era más importante, quienes padecían la viruela "vacuna" luego no se enfermaban de la viruela humana. Jenner supuso, entonces, que la inoculación con viruela vacuna podría proteger de la viruela humana. Para verificar su hipótesis, Jenner diseñó un experimento que comenzó en mayo de 1796 cuando extrajo pus de una ampolla de una ordeñadora que había contraído viruela vacuna. Con ese material inoculó a James Phipps, un niño saludable de 8 años. A la semana, el niño desarrolló una enfermedad leve y apareció una ampolla en el lugar de la inoculación, que luego desapareció sin la menor complicación. La prueba crucial llegó en julio, cuando Jenner le inoculó material extraído de una ampolla de viruela humana. Por suerte el niño no contrajo la viruela humana. Y fue una suerte no sólo para él sino para Jenner y para toda la humanidad. Ésta era la primera evidencia experimental del funcionamiento de una **vacuna** —llamada así por su origen vacuno— y el comienzo de la erradicación de la viruela en el mundo. Pero, aunque

no había dudas acerca de la eficacia de esta vacuna, no existía una base teórica que facilitara el diseño de otras vacunas. ¿Qué era lo que protegió al niño? La explicación llegó cuando el médico alemán Robert Koch, en 1876, vinculó la aparición de una enfermedad con un agente infeccioso. Él identificó en 1882 la bacteria causante de la **tuberculosis**, conocida hasta hoy como **bacilo de Koch**. Basado en estos descubrimientos, Louis Pasteur describió, en 1855, un método para diseñar una vacuna destinada a prevenir una enfermedad, a partir del agente infeccioso que la causa. Sus vacunas consistían en preparados de microbios modificados que generaban protección a la infección por los microorganismos intactos. Así desarrolló vacunas contra el cólera de las gallinas, el bacilo del carbunclo y de la rabia.

Fig. 15-1. Edward Jenner probó la vacuna contra la viruela humana en 1796.



182

hoy

De las vacas a las vacunas comestibles. Habitualmente se asocia la palabra vacuna con "pinchazo". Para muchos niños, y algunos adultos, la sola idea de la aguja causa temor. Pero aplicarse vacunas es imprescindible para prevenir las enfermedades infecciosas más severas, y existe un cronograma de vacunación que, pinchazos mediante, debemos cumplir.

En los últimos años se ha logrado que la vacunación sea accesible en poblaciones alejadas de los centros sanitarios, mediante la inclusión de varias vacunas en una única aplicación. Así se previenen varias enfermedades con un único pinchazo.

Hoy se sabe que el principio en el que se basa la vacunación es introducir el agente patógeno modificado (muerto o debilitado) para que no provoque la enfermedad pero estimule la respuesta inmunológica. De esta forma, deja en "alerta" al sistema inmune en caso de que el agente extraño ingrese en el organismo en su estado natural. Asimismo, se demostró que en muchos casos no es necesaria la presencia del microorganismo completo y que basta con introducir en el cuerpo la proteína extraña (antígeno) responsable de desencadenar la respuesta inmune. Pero así tampoco nos libraremos de los pinchazos.

¿Cómo generar un método de vacunación más "amigable"? Éste es uno de los desarrollos que tiene en marcha la biotecnología moderna: ¡vacunas comestibles! La idea es desarrollar una manzana, una banana o un tomate que contengan el gen que codifica para la proteína antigénica. Así, estas plantas transgénicas fabricarán el antígeno responsable de estimular la respuesta inmune. Cuando una persona se alimentara de estas plantas incorporaría el antígeno que induciría la respuesta inmune. Ya se logró, por ejemplo, transferir un gen del virus causante de la hepatitis B a las bananas, y se están ensayando vacunas comestibles contra otras enfermedades como la diarrea infantil, el sarampión y la hepatitis A. Todo está aún en la etapa de desarrollo.

Las plantas son una fuente atractiva para la producción de vacunas porque crecen a gran escala, a bajo costo, y son estables a las temperaturas. Además, se podrían cultivar localmente en poblados alejados, lo que evitaría problemas de transporte, distribución y conservación. Esto las haría más accesibles a toda la población.



Fig. 15-2.
Las vacunas previenen las enfermedades infecciosas. Por suerte, no todas están mediadas por pinchazos. La vacuna Sabin, que previene la poliomielitis, se aplica en forma oral.

183

IV
Capítulo 15

Fig. 15-3.
En un futuro no muy lejano se espera contar con vacunas comestibles.



1. **Respondé las preguntas teniendo en cuenta la información de "ayer" y de "hoy".**
 - a) ¿Cómo se extienden las enfermedades infecciosas? Mencioná algunos modos que conozcas.
 - b) Teniendo en cuenta la acción de las vacunas, ¿cómo explicarías el resultado de la experiencia realizada por Jenner?
 - c) Las vacunas son preventivas. ¿Qué otros métodos o hábitos se recomiendan para prevenir enfermedades?
 - d) ¿Por qué sería importante que las vacunas pudieran producirse localmente en cada población, incluso las más alejadas?

La salud, un asunto complejo

Para empezar, respondé estas preguntas por escrito: ¿Qué significa estar sano? ¿Cómo definirías la enfermedad? ¿A qué se denomina prevención? ¿Qué métodos de prevención conocés? ¿Son iguales ante cualquier enfermedad? ¿De qué dependen? Revisá tus respuestas a medida que avances en el capítulo.

Los conocimientos actuales permiten entender la **salud** como un asunto complejo en el que intervienen diferentes factores: personales, ambientales, actitudinales y sociales. Es decir que el cuidado de la salud es una cuestión individual y social, en la cual la **prevención** tiene un lugar fundamental.

Habitualmente se piensa que tener salud significa no estar enfermo. Sin embargo, la noción de salud es más amplia. Una persona sana se siente bien físicamente, se relaciona de manera positiva con otras personas y puede desempeñar las tareas físicas y mentales que demanda la vida cotidiana. De todas formas, en ocasiones, el estado de salud puede verse alterado. En este caso se habla de **enfermedad**, que se puede definir como un *desorden o funcionamiento incorrecto de un tejido o de un órgano y por el cual el organismo deja de estar sano*.

Las enfermedades se caracterizan por la manifestación de **síntomas** particulares, físicos y/o mentales. En general, la enfermedad es pasajera y la persona se recupera rápidamente por la acción de defensa que ejerce el propio organismo, o con la atención y las terapias adecuadas. Otras alteraciones en el organismo son permanentes

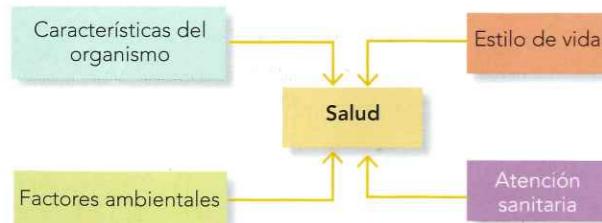


Fig. 15-4. Factores que determinan el estado de salud.

- c 2. Teniendo en cuenta lo que sabés sobre genética, ¿qué relación podrías establecer entre el ADN y la salud de las personas?
3. ¿Es posible que una persona padezca una enfermedad y lleve una vida sana? Justificá tu respuesta.
4. ¿Qué ejemplos podés dar acerca de la predisposición a una enfermedad y los hábitos que podrían desencadenarla?

pero, con el tratamiento adecuado, permiten, a quien las padece, desarrollar una vida sana.

Los factores que determinan la salud de un individuo son muy variados y están representados en la figura 15-4.

Algunas enfermedades pueden atribuirse a una única causa, como una alteración genética o la carencia de un nutriente determinado. Aunque se cree que, en general, *las enfermedades resultan de la combinación de diferentes factores*.

Las características del organismo

Así como el color de ojos, la altura o el tipo de sangre caracterizan a una persona, también cada uno tiene una mayor o menor **predisposición a padecer enfermedades**. Hay personas que se resfrián o tienen caries con bastante frecuencia, otras sufren problemas cardíacos, y otras padecen diabetes a lo largo de toda su vida. La cuestión es que podrán llevar una vida sana si desarrollan un comportamiento adecuado.

La predisposición a una enfermedad no significa necesariamente que vaya a manifestarse. En muchos casos dependerá de la combinación con otros factores, como el estilo de vida o el ambiente. Por ejemplo, una persona puede tener predisposición a padecer alergia, pero sólo se manifestará si está en contacto con el agente particular que la provoca. Otras afecciones, como el síndrome de Down, que muestra el cariotipo en la figura 15-5, se deben a alteraciones en el ADN y su expresión no depende del ambiente.

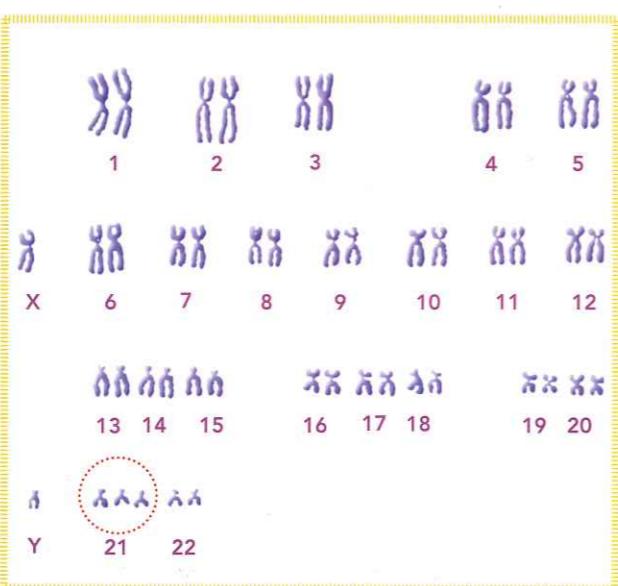


Fig. 15-5. Cariotipo de un individuo que padece síndrome de Down. Esta enfermedad se debe a la existencia de tres cromosomas 21 en lugar de dos.



Defensa del organismo:
capítulo 14.
Genética:
capítulo 17.
Circulación:
capítulo 9.



Nutrición:
Capítulo 7.
Vasos sanguíneos:
capítulo 9.

El estilo de vida

Cada individuo adopta en su vida cotidiana conductas que, en general, están determinadas por las costumbres familiares y sus condiciones sociales y económicas. Estos hábitos influyen sobre su salud. Estar bien alimentado, cuidar la higiene personal y hogareña, hacer actividad física, descansar, evitar el tabaco, las drogas y el exceso de alcohol, y recibir estímulo afectivo e intelectual contribuyen a conservar la salud. Conocer cuáles son las conductas perjudiciales y sus consecuencias permite actuar para evitarlas o revertir sus efectos. Por ejemplo, la malnutrición puede causar desde simples molestias hasta deficiencias en el desarrollo. Pero también el exceso de nutrientes puede afectar la salud. La figura 15-6 muestra que el exceso de grasas puede depositarse en los vasos sanguíneos y formar **ateromas** o placas que obstruyen el flujo de sangre. Por el contrario, una alimentación adecuada y la actividad pueden evitar estos problemas.



Fig. 15-6. El depósito de colesterol en las paredes de los vasos sanguíneos obstruye el flujo de la sangre.

Factores	Ejemplos	Possibles afecciones
Biológicos	Bacterias, virus, protozoos, hongos	Cólera, tétanos, mal de Chagas-Mazza, sida
Químicos	Monóxido de carbono, metales pesados (plomo mercurio), azufre	Afecciones respiratorias, digestivas, erupciones en la piel
Físicos	Ruidos, radiaciones	Alteraciones visuales y auditivas, afecciones en la piel

- c 5. ¿Dirías que los factores relacionados con el estilo de vida son modificables? Justificá tu respuesta.
6. ¿Pensás que las actitudes individuales influyen sobre la salud y la higiene comunitarias? Discutilo con tus compañeros.

Las características del ambiente

El ambiente nos expone permanentemente a factores que pueden alterar el estado de salud. El cuadro 15-1 indica cuáles son esos factores, también llamados **noxas**, y algunos de sus posibles efectos sobre el organismo.

Aunque algunos de estos agentes se encuentran naturalmente en el ambiente, el problema surge cuando, por algún motivo, su cantidad aumenta por encima de los valores habituales. Entonces, pueden potenciar su efecto sobre la salud. Por ejemplo, los microorganismos son parte del ambiente, pero la falta de higiene personal y del hogar pueden facilitar su desarrollo y la transmisión de enfermedades, así como la exposición exagerada a las radiaciones ultravioleta del Sol puede afectar la piel.

La atención sanitaria

Los individuos formamos parte de una sociedad, un sistema integrado por diferentes componentes con los cuales interactuamos y de los cuales dependemos. Uno de estos componentes es el **sistema de salud** (organizaciones, instituciones y recursos), cuyo objetivo es mejorar la salud de los individuos y de la población. Una asistencia sanitaria eficaz y satisfactoria es un componente esencial de las sociedades. Sus acciones son, entre otras, mejorar y equipar las instituciones médicas, capacitar a los profesionales, luchar contra las enfermedades prevalentes, implementar servicios de atención primaria accesibles (vacunación, higiene, medicamentos, etc.) y promover conductas de prevención y control médico, entre otras.

Por lo tanto, para conservar la salud personal y de la población hacen falta **acciones individuales y comunitarias** que se resumen en la figura 15-7.

Cuadro 15-1. Factores ambientales que pueden afectar nuestra salud.



Fig. 15-7. Factores que determinan la salud individual y de la población.

La humanidad y las infecciones

Durante los primeros milenios de la existencia humana, el estado de salud estuvo dominado por las enfermedades infecciosas, de las cuales no se conocía su causa. Desde que Robert Koch descubrió, en el siglo XIX, el agente que produce la tuberculosis, sabemos que las **enfermedades infecciosas o transmisibles** son causadas por microorganismos que se encuentran en el aire, en el suelo y en el agua. Aunque la mayoría no son perjudiciales para el ser humano, algunos provocan enfermedades como la gripe, la hepatitis, el cólera, el sida, el mal de Chagas-Mazza, entre otras.

A continuación te mostramos cómo se transmiten las enfermedades infecciosas de una persona a otra.



Aire. Cuando alguien tose, estornuda, habla o exhala, expulsa gotitas que, si contienen microbios, pueden infectar a otra persona al inhalar o al comer. Ambientes poco ventilados y con mucha gente (colectivos, trenes, escuelas, cines, etc.) favorecen la diseminación de enfermedades infecciosas por el aire. Ejemplos: la gripe y el resfío común.



Agua. Los microbios que afectan el sistema digestivo se eliminan en la materia fecal de las personas infectadas y llegan a ríos o arroyos. Si no existen sistemas de cloacas y tratamiento de aguas, las aguas contaminadas se usan para el consumo o la higiene y pueden infectar a muchas personas. El cólera y el dengue se transmiten a través del agua contaminada.



Alimentos. Los alimentos pueden transmitir enfermedades si están contaminados o si los manipulan personas que no se lavan las manos. La bacteria *Salmonella* es uno de los principales agentes causantes de la intoxicación por alimentos. Se puede encontrar en la carne, la leche o los huevos que provienen de animales infectados. Se elimina al cocinar la carne o pasteurizar la leche.



Vectores. Los vectores son organismos, en general insectos, que pueden transportar el agente patógeno de una persona infectada a otra sana a través de la succión de sangre infectada y la picadura. El mosquito *Aedes aegypti*, por ejemplo, es el vector que transmite el virus del dengue.



Fluidos corporales. Algunos agentes patógenos (como el virus del sida o el de la hepatitis B) se pueden transmitir a través de los fluidos corporales, como el semen o el flujo vaginal durante el acto sexual. También a través de la sangre, por ejemplo, al compartir jeringas, o en transfusiones de sangre infectada. Otros pueden transmitirse de la madre al hijo a través de la placenta durante el embarazo, o por la leche materna en la lactancia.



Contacto directo. Esta vía de transmisión también se denomina **contagio** y resulta del contacto directo con las personas infectadas o con objetos que utiliza, como una toalla o su ropa. El "pie de atleta", que produce irritación y picazón, es causado por un hongo que se transmite en general en los vestuarios o las piletas de natación.

▲ Fig. 15-8. Vías de transmisión de las enfermedades infecciosas.

7. ¿Cuáles serían las enfermedades no transmisibles no infecciosas?
8. Explicá por qué una enfermedad como la gripe se transmite con más frecuencia durante la época de frío.
9. Indicá, según la vía de transmisión, qué método emplearías para prevenir la transmisión de las enfermedades infecciosas.

Ambiente, calidad de vida y salud

Como ya mencionamos, además de los microorganismos, estamos expuestos a factores ambientales físicos y químicos, y a condiciones sociales que alteran el estilo de vida y pueden influir directa o indirectamente sobre nuestra salud. Muchos de esos factores son el resultado de la actividad humana, entre ellos, la industrialización, la concentración urbana, el crecimiento demográfico, las nuevas tecnologías, los medios de comunicación y de transporte (figura 15-9), la organización social, la estructura económica y los hábitos personales y grupales.

¿Cómo se ve alterado el ambiente por estos factores?

- La calidad del **aire** se puede ver afectada por ruidos (figura 15-10), olores y por la incorporación de sustancias tóxicas, polvo, humo, etcétera.
- La calidad del **agua** es afectada por descargas de aguas servidas domésticas y excrementos (si no existe red cloacal), por desechos industriales, detergentes y por el lavado de suelos con altas concentraciones de **agroquímicos**. Si las aguas no se tratan, los desechos pueden llegar a las napas utilizadas para la ingesta y el aseo.
- El **suelo** utilizado inadecuadamente puede favorecer la erosión y la desertificación, lo que afecta el paisaje y puede modificar el modo de vida de una población.
- La acumulación de **basura**, producto de las actividades domésticas, comerciales e industriales, es un problema cada vez más preocupante sobre todo en las ciudades (**residuos sólidos urbanos**). Algunos desechos no son biodegradables, se acumulan y promueven el desarrollo de enfermedades infecciosas (figura 15-11).

Respecto de las condiciones de vida, la **escasez de recursos** genera condiciones propicias para la enfermedad (figura 15-12). Según las épocas y las regiones, la enfermedad se vincula con el déficit de alimentos o la malnutrición, con la insalubridad en las condiciones de vida (hacinamiento, ausencia de sistema de agua potable y de cloacas), con la pérdida de calidad en aspectos críticos de la vida (empleo, vivienda, educación, acceso a la salud), y con conflictos de orden social que afectan la vida en comunidad (crisis vinculares, deserción escolar, violencia, pérdida de oportunidades, adicciones). Por otra parte, la vida sedentaria, el tabaco, el exceso de alimentos grasos, la hipertensión (alta presión sanguínea), la vida agitada y la falta de espaciamiento, podrían favorecer el desarrollo de afecciones cardiovasculares y otras enfermedades no infecciosas.



◀ Fig. 15-9. En pocas horas los aviones trasladan un agente infeccioso de una parte del planeta a la otra.



◀ Fig. 15-10. Las principales fuentes de contaminación acústica son los medios de transporte, las obras en construcción, la industria, los amplificadores de música y auriculares de audio.



◀ Fig. 15-11. La acumulación de basura contribuye con el desarrollo de insectos y roedores que transmiten enfermedades.



◀ Fig. 15-12. Las viviendas precarias de barro y techo de paja albergan insectos, como la vinchuca, que es el vector que transmite el *Trypanosoma cruzi*, el protozoo causante del mal de Chagas-Mazza.

La salud pública, una cuestión de todos

¿Qué te sugiere el título de esta página? ¿Qué significa, para vos, "salud pública"? ¿Podrías mencionar alguna acción tendiente a promover la salud pública? ¿Y alguna de prevención de enfermedades?

Al igual que la salud individual, la salud de una población depende de múltiples factores, biológicos, ambientales, económicos y sociales. Por eso, para mantener y mejorar las condiciones de salud de la población no es suficiente con la acción individual, también es necesario diseñar acciones colectivas. De esto se ocupa la **salud pública**.

Para saber cuál es el estado de la salud en una población se debe comenzar por conocer las características de esa población. Un aporte fundamental a la salud pública en este sentido lo realiza la **epidemiología**, que estudia la salud de los grupos humanos en relación con su medio. Más precisamente, la epidemiología es la parte de la medicina que se dedica al estudio de la distribución, la frecuencia, la relación causa–efecto, la predicción y el control de factores relacionados con la salud y la enfermedad en poblaciones humanas determinadas. Por ejemplo, las principales enfermedades que la afectan, su localización y extensión, los grupos (sexo y edad) más afectados, la

mortalidad y los nacimientos por año, las principales causas de muerte, la expectativa de vida, etc. Como la salud también está afectada por las condiciones de vida se debe conocer la densidad de la población, si ésta tiene acceso al agua potable y a sistemas de cloacas, a la atención sanitaria, a viviendas confortables y limpias, a una alimentación adecuada, a la educación, etcétera.

El cuadro 15-2 refleja datos recogidos en el último censo de población de 2001 y otros publicados por la Organización Panamericana de la Salud (dependiente de la Organización Mundial de la Salud). Con estos datos, la tarea de la salud pública es proveer la organización de personal, los recursos y las instalaciones, que permitan proporcionar los servicios de salud requeridos para **promover** la salud, **prevenir** las enfermedades, encarar acciones de **diagnóstico, control y tratamiento**, y para lograr la **recuperación** de la salud y la **rehabilitación** física, social y laboral. Además, *debe asegurar la accesibilidad* –cercanía geográfica, costos, tiempos, idioma y creencias culturales– *para que cualquier habitante del país reciba estos servicios*. Es decir que la salud pública abarca dos aspectos principales: el conocimiento de la población y el diseño de acciones sanitarias, como se muestra en la figura 15-13.

Algunos datos del Censo Nacional de Población realizado en 2001 y de otros estudios poblacionales en la Argentina

La población argentina era de 37.944.014 habitantes en 2001.

El 89,4% del total de la población es urbana.

En el segundo trimestre de 2004 la tasa de desocupación alcanzó el 14,8%.

La tasa global de fecundidad es de 2,44%.

Esperanza de vida al nacer: 68,4 años en hombres y 75,5 en mujeres.

El Noreste presenta las tasas más altas de pobreza e indigencia.

La tasa de mortalidad es cercana a 8 por 1.000 anual.

Las afecciones cardiovasculares son la principal causa de muerte, con una tasa de 249,46 por 100.000 habitantes en 2002.

La tasa de mortalidad por neoplasias para todo el país fue de 147,5 por 100.000 habitantes en 2002.

Las enfermedades transmisibles fueron la tercera causa de muerte, con una tasa de 67,9 por 100.000 habitantes (8,9% del total de muertes).

Hasta el año 2000 se calculaban en 22.500 los casos notificados de sida.

Las muertes por causas externas de traumatismos y envenenamientos representaron la cuarta causa de defunciones (6,7% del total).

Un 2,1% de las muertes fueron por afecciones en el período perinatal.

En 2003 se notificó un total de 12.258 casos nuevos de tuberculosis.

Enfermedades transmitidas por alimentos: 58 brotes durante 2002 y casi un millón de casos de diarrea.

Durante 2003 se notificaron 446 casos de lepra.

Las infecciones respiratorias agudas representan el 37% de las patologías y una causa importante de mortalidad entre menores de 5 años.

Desde 1995 la cobertura de vacunación es superior al 85%.

La cobertura de agua potable del país en 2001 era del 77%, pero la distribución es muy desigual.

Cuadro 15-2. Características de la población argentina en los últimos años.

Salud pública
Nivel de salud de la población

Estudio de la población

Identificación de las condiciones de salud

Diseño de acciones sanitarias

Mejora de las condiciones de salud



Planificación familiar:

Capítulo 16.

Vacunas y

antibióticos:

capítulo 14.

Acciones de salud pública

¿Cuáles son las actividades que, desde la salud pública, se deben cumplir para promover en la población un nivel de salud adecuado? Estas acciones deben incluir:

- Educación sobre los principales problemas de salud y los métodos de prevención y de lucha para combatirlos, en cuanto a enfermedades transmisibles y no transmisibles.
- Promoción del suministro de alimentos y de una nutrición apropiada; control de la elaboración, calidad y conservación de los alimentos; educación acerca de la nutrición infantil.
- Abastecimiento adecuado de agua potable y saneamiento básico que incluya sistema de cloacas, recolección de basura y tratamiento de los desechos; control de las fuentes y de los niveles de contaminación (suelo, agua, aire).
- Asistencia materno-infantil, incluida la planificación familiar, el control prenatal, la atención del parto, del recién nacido y de la madre; promoción de la lactancia.
- Inmunización contra las principales enfermedades infecciosas mediante un calendario de vacunación obligatorio y gratuito.
- Prevención y lucha contra las enfermedades endémicas locales a través de la investigación, la información de casos, la difusión de información y el mantenimiento y control de las condiciones de higiene personal y comunitaria.
- Tratamiento apropiado de las enfermedades y traumatismos comunes en centros de salud accesibles y con el equipamiento adecuado.
- Suministro de medicamentos esenciales, en forma gratuita y accesible.

La vacunación, junto con la potabilización del agua y el uso de antibióticos, han sido las prácticas de mayor impacto en el control de las enfermedades infecciosas. La potabilización del agua permite eliminar los agentes infecciosos antes de que ingresen en el organismo. Las vacunas, por su parte, utilizan el propio sistema inmune del individuo como mecanismo de defensa y prevención por períodos prolongados. A partir de la mitad del siglo xx, el descubrimiento y desarrollo de los antibióticos fue determinante para el tratamiento de las enfermedades infecciosas.

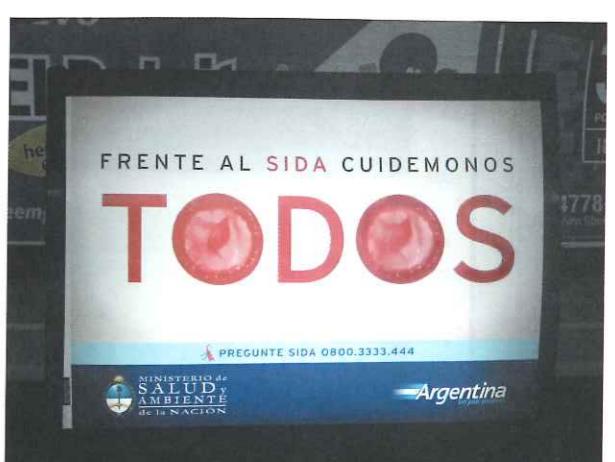
La **difusión de información** acerca de los principales problemas de salud se puede hacer en las escuelas, los hospitales, a través de los medios de comunicación, y mediante campañas masivas de difusión en la calle.

Los movimientos de la salud pública se han mantenido vigentes hasta nuestros días mediante diferentes organizaciones que, en todo el mundo, actúan en torno de algunas cuestiones como la contaminación ambiental (figura 15-14), el sida (figura 15-15), la salud de las mujeres y los niños. Junto con estos movimientos se llevan adelante las acciones de la salud pública en la práctica profesional.

La difusión incluye también aquellas medidas que se pueden tomar para prevenir enfermedades no infecciosas, como mantener una vida activa física y mentalmente, alimentarse de manera adecuada, evitar el tabaco, las drogas y el exceso de alcohol, descansar, dormir y dedicar tiempo a las relaciones afectivas. Asimismo, se pone énfasis en la realización de controles médicos periódicos para que se pueda efectuar un diagnóstico temprano de enfermedades y facilitar así su tratamiento y curación.



▲ Fig. 15-14. Protesta de ciudadanos argentinos y uruguayos para evitar la instalación de papeleras que emanan sustancias contaminantes.



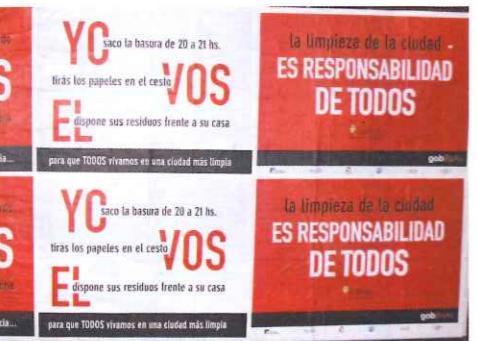
▲ Fig. 15-15. Uno de los afiches de una campaña contra el sida del Ministerio de Salud para informar y prevenir.

Aplicación y análisis

10. La colocación de afiches en hospitales, escuelas, clubes de barrio y en la calle es una forma de hacer campaña de prevención. Analizá estos afiches, correspondientes a distintas campañas de la Ciudad de Buenos Aires o buscá afiches en la zona donde vivís y luego respondé las preguntas.



EL GOLPE DE CALOR PUEDE PREVENIRSE
CONSULTAS 0800-333-SALUD URGENCIAS 107 SAME
SECRETARÍA DE SALUD gobBsAs

**En invierno cuidemos más a los chicos**

- ¿Qué información transmite cada uno de los afiches?
- ¿Te parece que la información es clara para todos? ¿Proporcionas algún cambio en estos carteles o en los que encuentras en tu localidad? ¿Cuáles?
- ¿A quién dirías que van dirigidas estas recomendaciones? ¿A cada uno de nosotros, a los médicos, a los maestros, a los científicos? ¿Cómo pueden influir estas recomendaciones sobre nuestra vida cotidiana y sobre nuestra salud?
- ¿Crees que es útil difundir este tipo de información? ¿Por qué?

Opinión y debate

11. Leé la siguiente nota y luego resolvé las consignas.

"Hoy es el Día Mundial del Medio Ambiente, lo que nos invita a la reflexión. La preservación del ambiente es el principal de los derechos humanos: es el derecho a la supervivencia, sin la cual los demás derechos no tienen razón de ser.

Contaminación hay siempre. Por el solo hecho de existir, el hombre contamina. No existe industria que no contamine. Lo que debe establecerse y controlarse, en sintonía con la evolución de los progresos científico-técnicos, son los límites aceptables y tolerables de contaminación.

[...] Sorprendidos y preocupados, observamos el absurdo conflicto, esencialmente ambiental, originado por negligencias de ambas partes ante la construcción de pasteras en Fray Bentos, que provocará una contaminación cuyo control deberá ser acordado entre la Argentina y Uruguay. [...] la Argentina y Uruguay deben despolitizar el tema, dejar de dramatizarlo y lograr una distensión que conduzca al consenso y al control de la contaminación, porque las papeleras se van a construir, en ambos países, y producirán la celulosa. Con respecto a nuestras papeleras, presentes y futuras, debemos pregonar con el ejemplo.

[...] La contaminación de las papeleras y el debate a que da lugar es un llamado de atención que nos debe llevar a tomar en cuenta nuestras asignaturas pendientes. [...] La riqueza del suelo y la escasa población nos

hizo, en cierto sentido, indiferentes a una explotación racional de los recursos.

En Buenos Aires y otros centros urbanos están los problemas de la recolección de la basura, las inundaciones por alcantarillas obstruidas, los escapes de vehículos, el descuido de parques, etcétera. Además de que hacen falta una organización adecuada e información educativa, la limpieza y el orden urbano se logran con la aplicación de la ley: con multas. No es cierto que el ciudadano argentino sea mal educado [...] aquí hay permisividad, impunidad y corrupción.

Tema acuciante y en extremo peligroso para la salud de millones de habitantes es la contaminación de la cuenca hidráulica Matanza-Riachuelo. Desde que el 1º de febrero de 1811 el Consulado aprobó la limpieza del canal y de la ribera del Riachuelo, nada se ha hecho. [...] El territorio argentino está ambientalmente abandonado. Es un reclamo social desatendido. La mitad de nuestra población carece de agua potable y de cloacas. Las inundaciones del Bermejo, el Pilcomayo y otros ríos afectan extensas zonas rurales y provocan tragedias como las de Tartagal. Hay desertificación y salinización de los suelos, talas iracionales de árboles, cambios climáticos por causa de esa deforestación.

[...] La preservación de nuestra industria agropecuaria, principal fuente de ingresos del país, es fundamental para nuestra inserción en los exigentes mercados internacionales. Ellos rechazan toda sospecha de aftosa, 'mal de la vaca loca', roya de la soja, peste porcina y patologías de frutas, y aplican el principio precautorio, el multifuncionalismo, la etiqueta verde y la ley del bioterrorismo.

[...] En el campo global preocupan, entre otros, los problemas del cambio climático y la gripe aviar. Se trata de temas que exigen colaboración internacional, alerta permanente e intercambio de información. En síntesis, es preciso establecer, por interés común, una alianza para la protección del ambiente".

- Luego de leer la nota, diseña un cuadro indicando los problemas ambientales que se plantean y cuáles son las soluciones que se proponen.

- Teniendo en cuenta que toda actividad humana contamina, ¿cómo es posible entonces lograr el progreso y, a la vez, evitar el daño al ambiente y a la salud humana? ¿Qué opinión te merece esto?

- Discutan en grupo: ¿cómo podríamos ayudar los ciudadanos para que estos problemas se conozcan ampliamente, y qué acciones podríamos llevar a cabo para colaborar?

Investigación

12. En esta actividad se propone un trabajo de investigación acerca de diferentes enfermedades vinculadas con

las condiciones del medio ambiente, el estilo de vida y la calidad de vida de sus habitantes.

- a) Dividan la clase en pequeños grupos. Cada grupo elegirá uno de los siguientes temas para investigar:

- Intoxicación con mercurio.
- Intoxicación con monóxido de carbono.
- Dengue.
- Bocio.
- Caries.
- Anemia.

Para la búsqueda de información pueden hacer una consulta bibliográfica, en Internet, y entrevistas a especialistas o investigadores del tema. También pueden comunicarse con el hospital o la sala de salud cercanos a la escuela o pedir datos en los ministerios de salud de la Nación o provinciales. Una vez finalizada la etapa de investigación cada grupo presentará al resto de sus compañeros sus resultados, que pueden incluir tablas, afiches, videos, etcétera.

- b) Antes de comenzar la búsqueda de información respondan:

- ¿Conocen el tema que van a investigar? Si es así, ¿de dónde obtuvieron la información? Anoten lo que saben.
- Hagan una encuesta en el barrio y en la escuela para saber si existe información en la población sobre este mal, sus causas y el modo de prevenirla.

- c) Guía para la búsqueda y el análisis de la información:

- ¿Cuál es el agente o factor que causa esta enfermedad?
- ¿Cuáles son sus efectos en el organismo?
- ¿Cómo se manifiesta (síntomas o análisis clínicos)?
- ¿Cuáles son las condiciones ambientales, las actividades humanas y/o las condiciones de vida que causan esta afección o que contribuyen a su aparición?
- ¿Es posible prevenir esta afección? ¿Cómo?
- Averiguar acerca de los modos de tratar esta afección y/o de curarla.
- Busquen datos acerca de la prevalencia de este mal en la Argentina (número de personas que padecen una enfermedad en una población en cualquier unidad de tiempo que se tome como muestra) y en otras partes del mundo y si es frecuente en la zona donde viven.
- Averigüen si se investiga en nuestro país sobre este tema.

- Investiguen si se realizan acciones a nivel municipal, provincial o nacional para controlar y erradicar la enfermedad.

Cómo comunicarse si no está la palabra

El padre de Sandra Polti comenzó a comunicarse con gestos ya que no podía hablar debido a una afección de la laringe. Así nació la vocación de esta profesora de chicos sordociegos. La sordoceguera implica la pérdida de ambos sentidos: la visión y la audición, aunque no siempre se trata de una pérdida total de los dos. La mayor limitación de quienes la padecen es la imposibilidad de comunicarse, pero los sordociegos organizan su contacto con el mundo de un modo muy particular ya que el tacto, como vía sensorial alternativa, se convierte en su principal fuente de información.

Existen diferentes métodos que se han desarrollado y les permiten comunicarse. Para saber cómo aprenden a comunicarse estos chicos, visitamos la Institución Fátima, la primera organización privada en la Argentina que se dedica a la atención integral de las personas con sordoceguera.

¿Quiénes son considerados sordociegos?

Son las personas que tiene un problema auditivo y visual total o parcial. A los sordociegos se los ubica entre los multiimpedidos sensoriales. En realidad son personas con necesidades educativas especiales múltiples, es decir que requieren servicios educativos, sociales, psicológicos y médicos diferentes de los que ofrecen los programas tradicionales regulares y especiales, con el fin de maximizar su potencial total para que participen en la sociedad.

¿Cómo debería, entonces, denominarse a las personas ciegas y sordas?

Nosotros utilizamos la denominación que ellos mismos acordaron en un encuentro internacional. Las personas son sordociegas, toda la palabra junta, no separada.

¿Hay muchas personas sordociegas en la Argentina?

Por un censo de 1995 supimos que había unas cien. La cantidad es mayor de lo que suponíamos y corresponden a la Ciudad de Buenos Aires y al conurbano bonaerense.



Prof. Sandra Polti

Sabemos que uno de los métodos que les permite comunicarse es el TADOMA. ¿Nos explica de qué se trata?

Es un método que inventó una maestra norteamericana, Sophia Alarcon, y el nombre se debe a los dos alumnos con quienes lo inició: Tadeo y Omar. Lo usan personas que quedaron sordociegas y es como hacer una lectura labial del que habla pero a través del tacto. Colocan el pulgar sobre los labios y con los otros dedos determinan la vibración de las letras. Los demás dedos espaciados por la cara son para apoyar esta lectura. Esto les permite obtener las dos informaciones: labios y mejillas. Es como escuchar el lenguaje a través del tacto.

También sabemos que existen otros métodos de comunicación, como el lenguaje de señas. Pero ¿cómo es posible su uso en personas sordociegos?

Sí, un método que usamos con las personas que hacen sordociegas es el lenguaje de señas de la comunidad sorda argentina. La única diferencia es que el sordociego "escucha" el mensaje, apoyando sus manos arriba de la seña de la persona



▲ La persona sordociega puede leer los labios utilizando una sola mano o las dos.

que "habla". Las señas son globales, representan un objeto o concepto. Para decir "casa", simbolizo con mis dos manos unidas por la punta de los dedos como un techo de tejas a dos aguas.

¿Existen otros métodos?

Hay otro método, que es el dactilográfico. Son las representaciones de cada letra, que también se leen apoyando la mano sobre la seña. Este método lo usan por lo general los sordos que luego quedaron ciegos. En general, la gente ciega que luego quedó sorda utiliza el método Braille que ya saben, pero combinando toques en las seis falanges de los dedos índice y mayor de la mano izquierda. La combinación de toques y falanges permite armar un alfabeto completo. Así, un toque en la primera falange del dedo índice es la A. También se usa la escritura en la palma, escribiendo las letras en mayúscula. Este método es para gente que quedó sordociega pero que sabía leer y escribir.

¿Cómo es el trabajo de las maestras?

Es un gran desafío. Un trabajo de cada día. Para que empiecen a "hablar" hace falta de dos a tres años. Hay que ayudarlos a vencer algo que parece imposible. Para comenzar existe una metodología general basada en el movimiento, ya que se considera que las experiencias motoras son el fundamento de todo aprendizaje. Pero depende de cada chico qué movimientos tenemos que hacer. Los chicos comienzan a conocer el mundo por lo que hacen con las cosas. Por ejemplo, la taza es algo con lo que desayunan o meriendan, pero para algunos la representación de esa actividad es la cuchara, para otros la bandeja y para otros la propia taza. Cada maestra debe descubrir cuál de estas tres cosas es importante. A las maestras,



▲ Braille en los dedos.

nos produce una emoción muy grande ver que comienzan a comunicarse, que tienen la oportunidad de decirle a otro lo que les pasa.

En un aula leí la frase "Ser diferente es algo común". ¿Qué significa?

Para nosotros hay cosas comunes a todos los seres humanos. Frente a un impedimento, el ser humano posee recursos para encontrar la salida, pero por sobre todas las cosas tiene la capacidad para adquirir y crear un lenguaje. Los sordociegos pueden parecer diferentes, pero tienen algo en común con todo ser humano, la palabra, aunque se exprese con métodos distintos.

Bueno, ahora que sabemos todo esto, ¿qué consejo les daría a las personas que pueden utilizar los cinco sentidos, para que puedan comunicarse con los sordociegos?

Lo que nunca tienen que hacer es tratar de tocar a las personas sin avisarle antes. Cuando una persona no ve ni escucha y la tocan, se asusta. Es necesario anticiparle lo que uno quiere hacer. Hay que recordar que "nunca hay barreras cuando uno quiere comunicarse con otro". Puede ser difícil, pero siempre existe un modo de hacerle llegar un mensaje a alguien. ■

además

¿Es posible que los niños sordociegos aprendan otro idioma?

Sandra Polti nos cuenta una experiencia personal al respecto. "Mientras me estaba capacitando en Perkins practiqué con un chico que usaba el método Tadoma con una mano y con la otra el lenguaje de señas. Como iba más rápido que el resto del grupo, yo trabajaba por separado, le hacía repasar palabras y le enseñaba algunas nuevas. Él notaba que yo no tenía un acento norteamericano y me preguntó en qué 'hablaba'. Le respondí que hablaba en español y me pidió que le dijera palabras en español. Me preguntó cómo se decía fish (pez, en inglés) y repetía "pez" y le causaba mucha gracia la forma. Logró decir en español las palabras que sabía en inglés.



Hoja de vida

Sandra Polti

Directora pedagógica de la Institución Fátima, asociación civil sin fines de lucro que se dedica a la atención integral de las personas con sordoceguera. Es profesora de sordos e intérprete de la comunidad sorda. Estudió en la escuela Milton Perkins de Estados Unidos, y en la actualidad es también capacitadora de esa institución.

La Institución Fátima nació de la necesidad y del empuje de Alicia y Carlos Picasso Cazón, padres de Fátima, una joven con sordoceguera. Fue la primera en su tipo y también sirvió como modelo a otras escuelas, que se abrieron luego en otros países de América latina. Atiende a personas sordociegas de entre 3 y 30 años.

Sección V

La continuidad de la vida

194



Capítulo 16 Reproducción, crecimiento y desarrollo

196

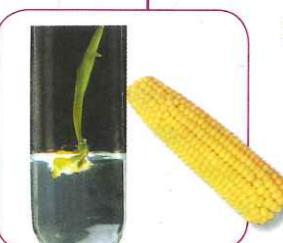
Crecer, desarrollarse... son las hormonas. Órganos reproductores al detalle. Gametas. Óvulos y espermatozoides. La unión hace la cigota. Ciclo menstrual. Fecundación. Vida intrauterina. Bien planificado, bien controlado. ETS, cuidarse es quererse. ¿Reproducción con ayuda?



Capítulo 17 Genética y herencia

210

La información mejor guardada, ADN. Caracteres ¿se heredan o se adquieren? La herencia de Mendel. ¿Tanto cuentan las arvejas? De los factores a los genes. Alelos. Genotipo y fenotipo ¿cuál expresa a cuál? Asoman los cromosomas. Un gen, una proteína. El código genético. Casualmente, mutación.



Capítulo 18 Biotecnología

222

Tecnología y seres vivos. Tradicional y moderna. Biotecnología de todos los días. OGM, ¿Otros Genes serán Míos? Organismos Genéticamente Modificados son transgénicos. Ingeniería genética, la moderna. ADN y proteínas recombinantes. Cultivos transgénicos ¿cuáles, dónde, cómo? Alimentos transgénicos. Salud y ambiente. Biorremediación.

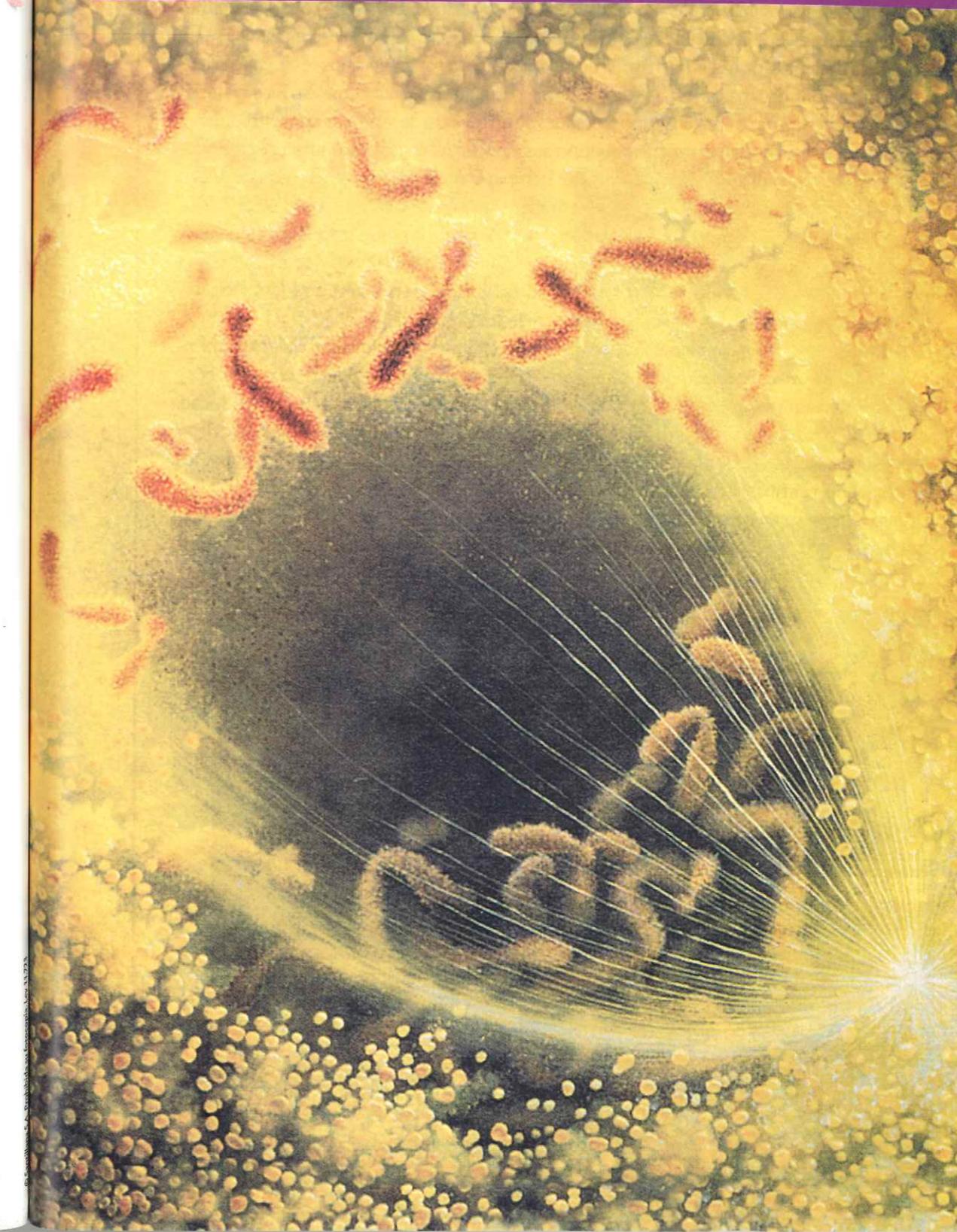


Nuestra gente Hablemos sobre biotecnología

232

¿Biología molecular o ingeniería genética? Biotecnología moderna y genoma humano. ¿Qué razas? Biotecnología en la Argentina. Fundamental, la ética. El doctor Alberto Kornblith nos aclara unas cuantas cosas sobre este tema.

Conocer y descifrar los "secretos" de los genes es uno de los grandes desafíos de la biología actual. En esta imagen, obtenida con un microscopio electrónico y coloreada artificialmente, se ven cromosomas que migran en el núcleo durante la división celular.



195

Sección V

Capítulo 16

Reproducción, crecimiento y desarrollo



lejos

Los rituales. Dejar la niñez, pasar a ser adolescente y luego adulto, siempre se consideraron momentos especiales de la vida. En cada época, contexto social, cultural y religioso, esta etapa se expresó de diferentes formas. En la mayoría de los grupos indígenas americanos se describen **ritos de "iniciación"** que marcan el paso de la infancia a la adultez. Este rito consiste básicamente en separar al iniciado de su antiguo grupo y, después de un período de relativo aislamiento, durante el cual se lo instruye sobre los valores del grupo, sus ritos y significados, se lo introduce en el nuevo grupo de pertenencia: el de los adultos. Por ejemplo, el ritual de los onas de Tierra del Fuego duraba un año, durante el cual los jóvenes varones eran iniciados en el aprendizaje de lo que sería ganarse la vida, y esto mismo los habilitaba para la unión con el otro sexo. Además, durante ese período, el joven era atormentado por un espíritu enmascarado hasta que descubría que era un hombre de su tribu. Este descubrimiento debía guardarse en secreto ante los niños y las mujeres como forma de dominio y perpetuación de la sociedad patriarcal.

También se conocen rituales femeninos en diferentes culturas relacionados con el descubrimiento de la sangre menstrual. En otras culturas, como la de Samoa (grupo de islas al sur del Pacífico), el rito incluía un tatuaje que aludía al compromiso del hombre con la familia y la colectividad, y lo habilitaba para ser jefe, impartir justicia y enfrentar cualquier problema. Las perforaciones y los adornos en el cuerpo también buscaban exaltar la sexualidad, y se consideraban parte de los rituales que marcaban la llegada de la juventud.

Antropólogos y psicólogos contemporáneos afirman que los ritos de iniciación son fenómenos propios de las culturas tribales pero que, de alguna manera, se conservan en las culturas desarrolladas de la actualidad transformados en juegos, festividades, costumbres o como formas de relación cotidiana.



Fig. 16-1. En el rito de iniciación de los varones onas, sus cuerpos eran pintados de rojo y blanco.



Fig. 16-2. Una mujer de una tribu en Chad, con su "labio de plato", no pretende ser atractiva sino todo lo contrario. Esta costumbre se inició en las mujeres para asegurar la propiedad de sus hombres, ya que así evitaban estar "en la mira" de otros hombres (invasores o cazadores de esclavos).

Fig. 16-3. En los ritos de iniciación en África, cada miembro varón debe efectuar una serie de ceremonias con máscaras para que lo admitan en la comunidad.

196

197

S V

Capítulo 16

Tribus en la sociedad moderna. ¿Existen en la actualidad ceremonias o costumbres que identifican el pasaje de la niñez a la adolescencia? ¿Cuáles son los cambios que experimenta hoy un niño durante su pasaje a la adolescencia?

La **pubertad** y la **adolescencia** se caracterizan por los cambios corporales, emocionales y de la conducta. Esto tiene también connotaciones culturales y sociales. El adolescente comienza a considerarse como un igual ante los adultos, los juzga y piensa en su futuro. Idealiza mundos mejores, critica lo que contradice sus principios, y se propone reformar la sociedad. Se caracteriza por la impaciencia y la rebeldía. Intenta agruparse mediante la adopción de gustos idénticos. El grupo representa un intento de identidad diferente a la del núcleo familiar (con el cual entra en conflicto). ¿Y qué se puede decir de los tatuajes? Reflejarían una señal de identificación, virilidad, poder, feminidad, recuerdos y protección, como en las tribus del pasado. Pero hoy también son un signo de personalidad, jactancia y moda. Los tatuajes, y también las perforaciones (*piercing*) serían una forma de llamar la atención, y simbolizarían la búsqueda de aceptación o reconocimiento. Estos "adornos" sirven para diferenciarse de otros grupos, y del adulto, creando lazos de pertenencia entre miembros de la misma generación. En lugar de que los adultos lo separen, como en las tribus, el adolescente toma la iniciativa de separarse él mismo de su niñez y del mundo adulto, al cual pretende entrar a través de iniciaciones y hábitos que él y su grupo generan.

Las exigencias que hoy viven los adolescentes constituyen un nuevo tipo de rito de "iniciación", que se basa más en pruebas de carácter intelectual. En estas nuevas "sociedades tribales" hay también una gran presión: la moda, los medios de comunicación, hablar, mirar y actuar como los otros. Esto se asemeja al accionar de las tribus, en las cuales quien estaba fuera de las reglas de comportamiento era excluido, era tabú. De todos modos, con ambivalencia y rebeldía, es posible superar con éxito las pruebas de iniciación de las "tribus modernas".



Fig. 16-4. Muchos adolescentes se identifican hoy con tatuajes y perforaciones (*piercing*).



1. Respondé las preguntas teniendo en cuenta la información de "lejos" y de "cerca".

- ¿Te sentís identificado con algunos de los aspectos que se describen de los adolescentes? ¿Con cuáles? ¿Hay algunos que no te identifican?
- ¿Cuáles son los "rituales" modernos que marcaron tu pasaje de la niñez a la adolescencia? ¿Es diferente en mujeres y en varones? ¿Y en distintas religiones?
- ¿Cuáles son los cambios que muestra tu cuerpo en esta etapa? ¿Por qué se producen?
- ¿Cuáles son los cambios que notás en el cuerpo del sexo opuesto? ¿Podrías explicar a qué se deben?

cerca

Desarrollo y hormonas sexuales

Si observás a niños y niñas de seis o siete años, verás que no existen muchas características externas claras que diferencian a un sexo del otro. Es decir, más allá de poseer órganos sexuales femeninos o masculinos (concretamente, vagina o pene) la forma corporal es similar. Sin embargo, a partir de los once o doce años ya se empiezan a manifestar cambios corporales y diferencias notables en ambos sexos. ¿Cuáles son esos cambios? Seguramente muchos de estos caracteres que aparecen en la pubertad los reconocerás en tu cuerpo. Se los denomina **caracteres sexuales secundarios** (figura 16-5). Algunos de esos cambios resultan evidentes en ambos sexos, como el crecimiento acelerado, el ensanchamiento del cuerpo y la aparición de vello en zonas como las axilas y el pubis. En los varones, además, la voz se vuelve más grave, comienza a crecer la barba y se desarrollan el pene y los testículos. En las mujeres se desarrollan las mamas y los órganos sexuales, entre ellos los ovarios y el útero, y se ensanchan las caderas.

A diferencia de los **caracteres sexuales primarios**, que se refieren a la existencia de órganos sexuales femeninos o masculinos y que se manifiestan desde la etapa embrionaria, la expresión de los caracteres sexuales secundarios es el producto de un aumento en la actividad hormonal que empieza en la pubertad.



▲ Fig. 16-5. Caracteres sexuales secundarios y nuevas funciones corporales en la pubertad y la adolescencia.

- c** 2. En determinadas ocasiones, como situaciones de nervios, un examen, un viaje, un acontecimiento familiar, e incluso ante cambios climáticos bruscos, pueden ocurrir cambios en la actividad sexual y

el crecimiento, el desarrollo y la reproducción están controlados por el sistema neuroendocrino que ya viste en el capítulo 12. Existen hormonas específicas en los hombres y en las mujeres, denominadas **hormonas sexuales**, que intervienen en los diferentes procesos involucrados en el desarrollo sexual y la reproducción. Las hormonas sexuales masculinas reciben, en general, el nombre de **andrógenos**. La principal es la **testosterona**. Los **estrógenos** y la **progesterona** son las hormonas sexuales femeninas.

La producción de las hormonas sexuales está regulada por el hipotálamo (figura 12-18), órgano del sistema nervioso que produce –entre otras– la **hormona liberadora de gonadotrofina**, cuyo órgano blanco es la glándula hipófisis. Desde allí se liberan dos hormonas: la hormona **folículo-estimulante** (HFE) y la hormona **luteinizante** (HL), que actúan en las gónadas.

Además de ser órganos del sistema reproductor, los ovarios y los testículos funcionan como glándulas endocrinas, ya que liberan las hormonas sexuales. La testosterona estimula la producción de espermatozoides en los testículos y, además, actúa sobre otros órganos del cuerpo estimulando el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios. Los estrógenos y la progesterona también estimulan el desarrollo de caracteres sexuales secundarios y, además, la formación de óvulos y la preparación del útero en el caso de que hubiera embarazo, para albergar al embrión.



La formación de gametas: óvulos y espermatozoides

La secreción de las hormonas sexuales provoca no sólo cambios físicos visibles sino también el comienzo de nuevos procesos como la ovulación (liberación de óvulos) y la menstruación en las mujeres, y la producción de espermatozoides y la eyaculación en los varones. *Estos cambios determinan el comienzo del período fértil de la vida.* Es decir que a partir de esta edad un ser humano está en condiciones de reproducirse y tener descendencia.

El proceso de formación de las gametas o células sexuales (óvulos y espermatozoides) se conoce como **gametogénesis**, y hay dos denominaciones más específicas: la **espermatogénesis**, que es la formación de espermatozoides en los testículos, y la **ovogénesis**, esto es, la formación de óvulos en los ovarios (figura 16-6).

¿Cómo se lleva a cabo la gametogénesis? Para entenderlo, tenés que recordar los mecanismos de división celular. Como ya viste en el capítulo 5, la meiosis es el mecanismo por el cual se originan las células sexuales con la mitad de material genético que cualquier otra célula del organismo (células somáticas).

Como muestra la figura 16-6, los procesos de formación de gametas masculinas y femeninas son similares. Observá cuáles son sus diferencias y semejanzas.

Tanto la espermatogénesis como la gametogénesis se inician a partir de células germinales, **espermatogonio** y **ovogonio**, que tienen la cantidad completa del material genético, representado en este caso por moléculas

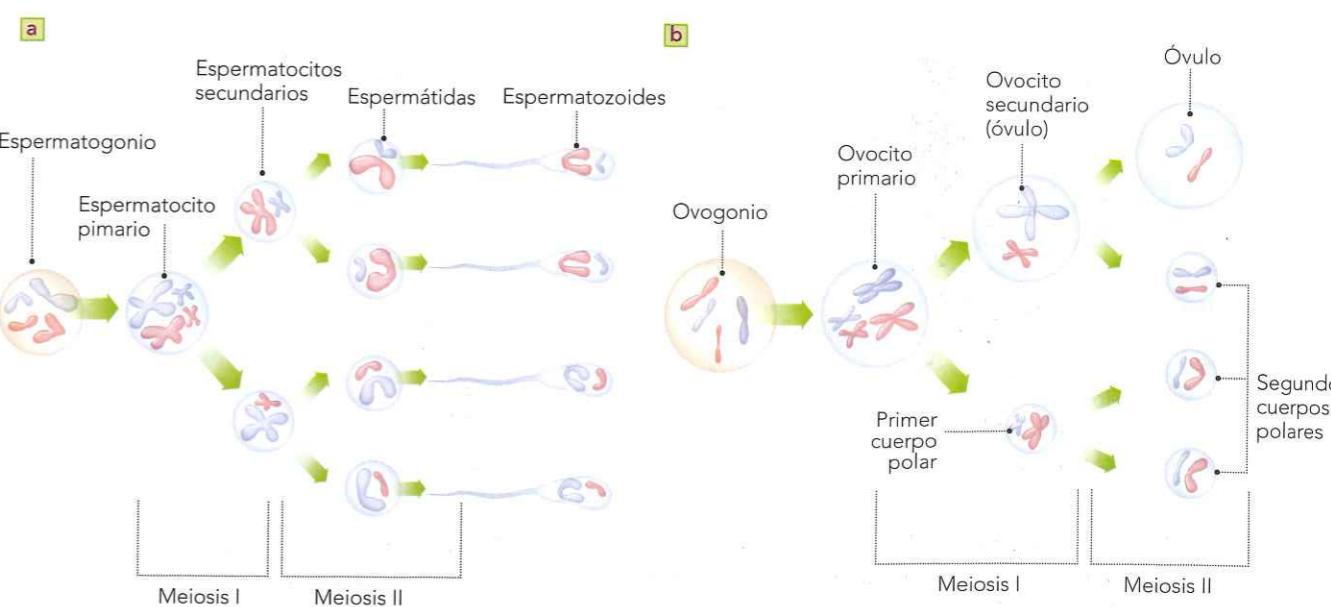
de ADN de color rojo y azul. Los diferentes colores indicarían que la mitad del material genético proviene del padre y la otra mitad de la madre. De hecho, en todas nuestras células tenemos cantidad doble de cromosomas (moléculas de ADN enrolladas): cada mitad proviene de uno de nuestros progenitores.

En una primera etapa ocurre la duplicación del material genético y luego dos divisiones celulares consecutivas (meiosis I y II), que dan como resultado células intermedias e inmaduras (**espermátocitos** y **ovocitos**) hasta que, finalmente, se forman los **espermatozoides** y los **óvulos**. En el caso de las mujeres sólo una de las cuatro células será funcional; las otras cuatro, denominadas **cuerpos polares**, no terminarán de madurar.

c ¿Cuántos espermatozoides se forman a partir de cada célula germinal que inicia el proceso de meiosis?

El sistema reproductor humano

Los seres humanos nos reproducimos sexualmente y para eso intervienen dos individuos de diferente sexo, cada uno con un sistema reproductor compuesto por órganos especializados. La **reproducción** se define como la formación de un nuevo individuo. *Esta función no se considera vital para el individuo, porque puede continuar viviendo si no se reproduce, pero es una función esencial para la continuidad de la especie, ya que si los individuos no se reprodujeran, la especie a la cual pertenecen se extinguiría.*



▲ Fig. 16-6. a, **Espermatogénesis:** proceso de formación de los espermatozoides. b, **Ovogénesis:** proceso de formación de los óvulos. Comienza en la etapa embrionaria, los ovocitos quedan en reposo hasta que empieza el ciclo ovulatorio.

Estructura y función del sistema reproductor masculino

¿Cómo está constituido el sistema reproductor masculino? Observá la figura 16-8. Este sistema cuenta con un conjunto de órganos especializados, algunos de ellos son externos, mientras que otros se hallan dentro de la cavidad pélvica. Los órganos externos son el **pene** y el **escroto**, una bolsa suspendida debajo del pene donde se alojan los dos **testículos**. Cada testículo está formado por metros de **túbulos seminíferos** enrollados, donde ocurre el proceso de meiosis que origina los espermatozoides.

Desde los testículos, los espermatozoides (aún inmóviles) pasan al **epidídimo**, un tubo replegado ubicado sobre cada testículo, donde se almacenan durante varios días hasta que adquieren movilidad. Desde allí los espermatozoides avanzan por los **conductos deferentes** que salen de cada testículo, rodean la vejiga (órgano del sistema excretor) en la cavidad abdominal y desembocan en la **uretra**, un conducto que se prolonga dentro del pene. A través de la uretra los espermatozoides son expulsados del cuerpo en la eyaculación. Pero los espermatozoides constituyen una mínima parte del fluido seminal, o **semen**, que se expulsa en la eyaculación. El resto está formado por un fluido proveniente de las secreciones de las **vesículas seminales**, la **próstata** y las **glándulas bulbouretrales**, que se mezcla con los espermatozoides a medida que avanzan por los conductos deferentes. Este fluido seminal provee un medio en el cual los espermatozoides pueden nadar impulsados por el movimiento de su cola. Además, el fluido que aportan las vesículas seminales contiene fructosa, un azúcar que nutre a los espermatozoides en su recorrido. La próstata aporta un líquido lechoso y alcalino que

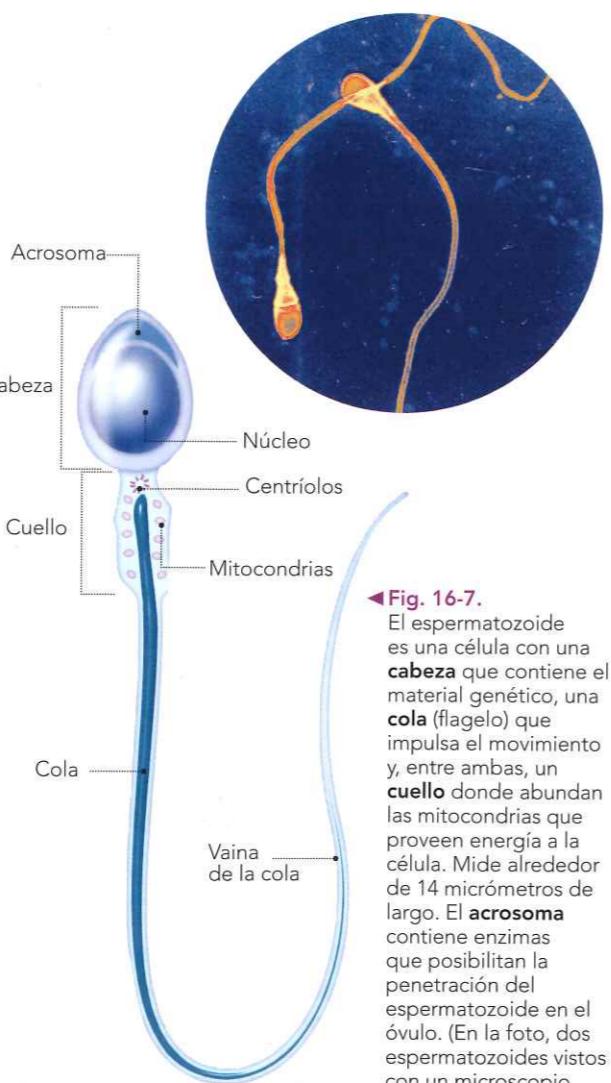
profundización

Algunos datos sobre los espermatozoides. Un varón produce diariamente, a partir de la pubertad, cientos de millones de espermatozoides (figura 16-7). Normalmente se liberan entre 300 y 400 millones de espermatozoides por eyaculación, en un volumen de semen de 3 a 4 ml. Los testículos deben mantener una temperatura entre 2 y 3 °C inferior a la temperatura corporal normal (36 °C) para producir los espermatozoides. Cuando la temperatura exterior disminuye, el escroto se contrae y provoca un acercamiento de los testículos al abdomen. Por el contrario, frente a un aumento de la temperatura el escroto se relaja y aleja los testículos del abdomen. De esta manera se mantiene la temperatura testicular necesaria para la producción de los espermatozoides.

ayuda a neutralizar la acidez característica de la vagina, que puede afectarlos. Las glándulas bulbouretrales, ubicadas en la base del pene, aportan un fluido que sirve de lubricante para facilitar el pasaje del semen por la uretra y la penetración del pene en la mujer.

La uretra, además de constituir la vía de salida del semen, es el conducto a través del cual se elimina la orina desde la vejiga. Sin embargo, existe un mecanismo de control que impide que ambos procesos ocurran simultáneamente.

Además de producir espermatozoides, los testículos contienen células especiales, las **células intersticiales** o **de Leydig**, que secretan testosterona. Los andrógenos son producidos ya en el desarrollo embrionario temprano, haciendo que el feto se desarrolle. Después del nacimiento, la producción de andrógenos continúa en un nivel muy bajo hasta los diez años, aproximadamente, cuando aumenta su producción y comienzan las manifestaciones de la pubertad.



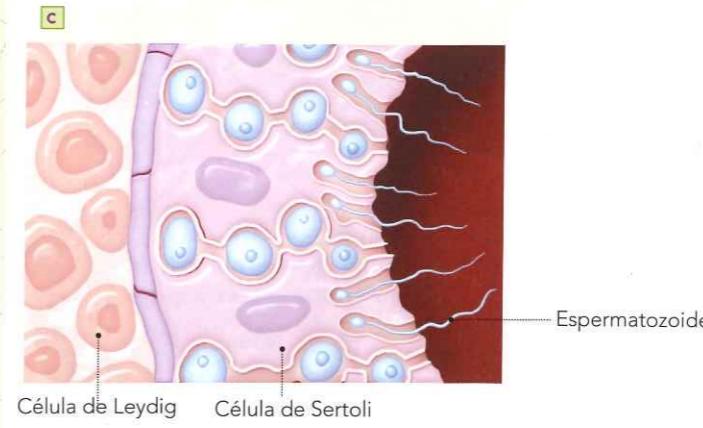
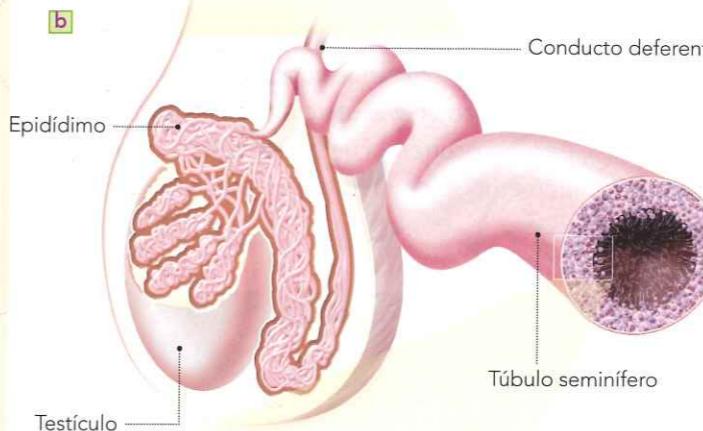
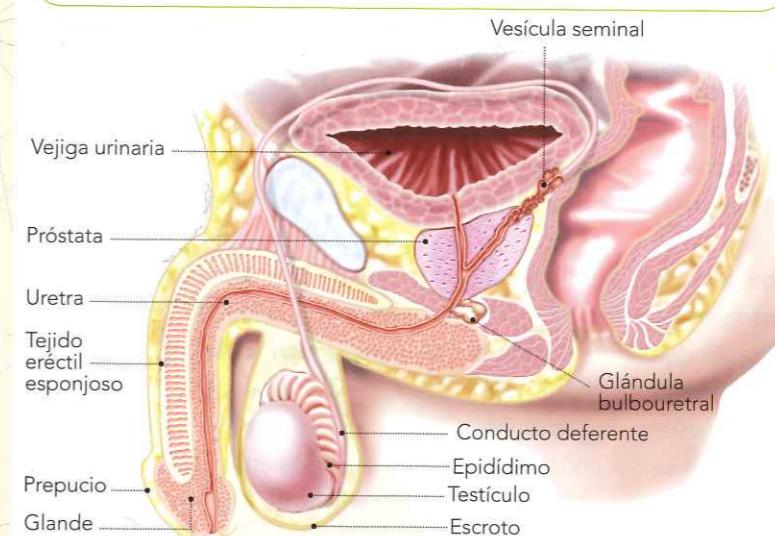
◀ Fig. 16-7. El espermatozoide es una célula con una **cabeza** que contiene el material genético, una **cola** (flagelo) que impulsa el movimiento y, entre ambas, un **cuello** donde abundan las mitocondrias que proveen energía a la célula. Mide alrededor de 14 micrómetros de largo. El **acrosoma** contiene enzimas que posibilitan la penetración del espermatozoide en el óvulo. (En la foto, dos espermatozoides vistos con un microscopio electrónico).



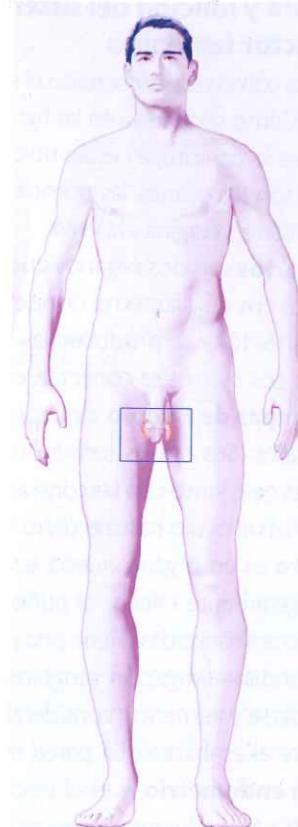
Sistema urinario:
capítulo 10.
Células:
capítulo 5.

Sistema reproductor masculino

El sistema reproductor masculino es responsable de la producción de los espermatozoides y del fluido en el cual son transportados hacia el pene, desde donde son expulsados del cuerpo durante la eyaculación. También produce la hormona testosterona.



▲ Fig. 16-8. a, Frente y perfil del sistema reproductor masculino; b, corte longitudinal de un testículo; c, corte transversal de un túbulo seminífero.



a) El pene humano está formado por tejido eréctil. Cuando sus nervios son estimulados se produce una acumulación de sangre en los vasos sanguíneos del pene y esto provoca la erección. El extremo del pene se denomina **glande** y está protegido por una delgada capa de piel, el **prepucio** que, en ocasiones, se elimina quirúrgicamente (circuncisión). En el momento de la eyaculación, los espermatozoides son expulsados a lo largo de los vasos deferentes por las contracciones de los músculos del pene. Cuando los espermatozoides se desplazan hacia la uretra, se le añaden las secreciones provenientes de las vesículas seminales, la próstata y las glándulas bulbouretrales. La mezcla resultante, el semen, es expulsada de la uretra por contracciones musculares que contribuyen a las sensaciones placenteras del orgasmo.

b) Ambos testículos en conjunto contienen alrededor de 500 metros de túbulos seminíferos muy enrollados, donde se producen los espermatozoides.

c) Dentro de los túbulos seminíferos se hallan espermatozoides en distintas etapas del proceso de meiosis. Las células de Sertoli nutren a los espermatozoides mientras se desarrollan. Las células de Leydig producen hormonas sexuales.

Estructura y función del sistema reproductor femenino

Veamos cómo está constituido el sistema reproductor femenino. Como se observa en las figuras 16-9 y 16-11, los órganos que lo constituyen están ubicados en la zona abdominal y son los ovarios, las trompas de Falopio (o oviductos), el útero, la vagina y la vulva.

Los **ovarios** son dos órganos que miden, aproximadamente, 3 cm de diámetro, donde maduran los óvulos (figura 16-10) y se producen las hormonas sexuales femeninas. Los ovarios se conectan con el útero a través de las **trompas de Falopio**, dos conductos musculares muy delgados. Sus células forman un tejido mucoso y tienen cílios que, junto con las contracciones de sus paredes, impulsan al óvulo hasta el útero.

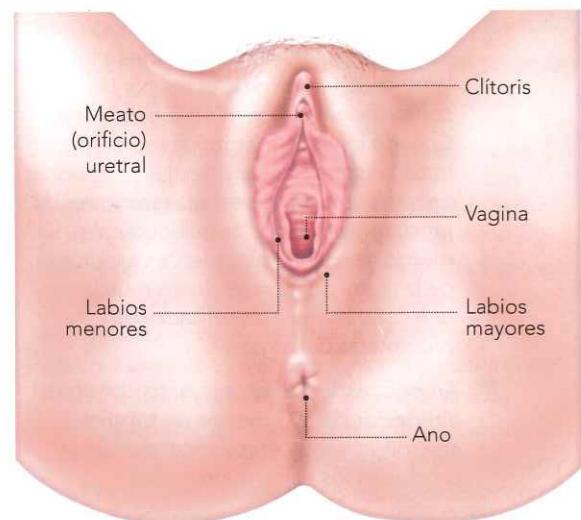
El **útero** es un órgano hueco, en forma de pera, de tamaño ligeramente inferior al puño de la mano en las mujeres no embarazadas. Tiene una pared muscular que recibe abundante irrigación sanguínea y con capacidad de distenderse y aumentar considerablemente de tamaño durante el embarazo. La pared interna del útero se denomina **endometrio**, y es el tejido que se expulsa a través de la vagina durante la menstruación. Las contracciones de la pared muscular del útero ayudan al desplazamiento de los óvulos desde los oviductos, y aumentan su intensidad durante la expulsión del endometrio en la menstruación y, especialmente, durante el parto.

En su extremo inferior, el útero se comunica con la vagina a través del **cuello del útero**, o **cérvix**, una abertura formada por un anillo muscular por donde deben

pasar los espermatozoides en su camino hacia el óvulo en caso de producirse el acto sexual. Además, al final del embarazo es necesario que el cuello se dilate para permitir la salida del feto.

La **vagina** es un tubo muscular que comunica el cuello del útero con el exterior del cuerpo; su interior es levemente ácido. Es el órgano receptivo para el pene y el canal de parto.

Los órganos genitales externos de la mujer, el clítoris, los labios mayores y labios menores, se conocen colectivamente como **vulva**. El **clítoris** es un órgano sensible y eréctil, homólogo al pene en el hombre; al ser estimulado, induce la liberación de una sustancia mucosa que lubrica la vagina. Los **labios mayores** son pliegues de piel que a partir de la pubertad se cubren de vello púbico y protegen los **labios menores**, más finos, y el clítoris. Observá la figura 16-11. Los ovocitos se desarrollan dentro de los **folículos** (1). El folículo le provee nutrientes al óvulo en desarrollo y también secreta estrógenos, que estimulan el crecimiento del folículo e inician la formación del endometrio (2). Una vez maduro (3), el folículo se abre y expulsa el óvulo (**ovulación**), que comienza su recorrido por las trompas de Falopio (4). Las células del folículo quedan dentro del ovario y forman el **cuerpo lúteo** (5); en caso de producirse la fecundación, secretan estrógenos y progesterona, que ayudan a mantener el útero donde se desarrolla el feto. Si esto no ocurre, el cuerpo lúteo se reabsorbe (6), el endometrio se desprende y es expulsado en la menstruación.



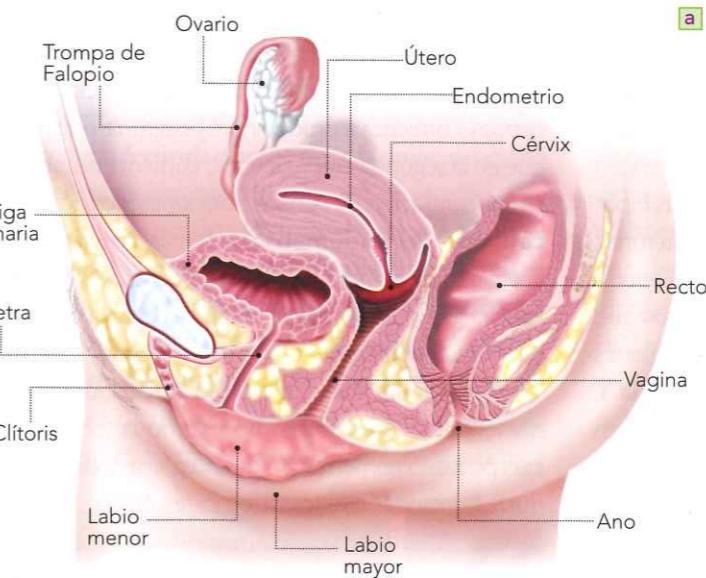
▲ Fig. 16-9. Vulva. En las mujeres, la uretra, el conducto por donde se expulsa la orina desde la vejiga, está separada del conducto de la vagina.



▲ Fig. 16-10. Los óvulos (en la foto, visto con el microscopio óptico) tienen un diámetro de 100 micrómetros. Su citoplasma está repleto de sustancias nutritivas que utilizará el embrión en sus primeros días de desarrollo.

Sistema reproductor femenino

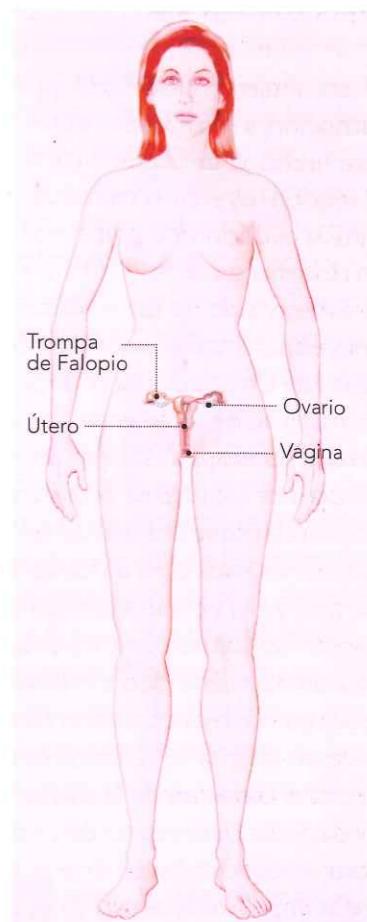
En el sistema reproductor femenino maduran los óvulos, se producen las hormonas sexuales femeninas y, a partir de la pubertad, puede formarse un nuevo individuo y alojarse en su interior durante los nueve meses que dura la gestación, desde la fecundación hasta el nacimiento.



- C** 3. Señalá cuál de las siguientes opciones corresponde al recorrido de los espermatozoides que entran en el sistema reproductor femenino:

- a) testículo - conducto deferente - epidídimo - vagina - ovario - útero
b) testículo - conducto deferente - útero - vagina - trompa - ovario

- c) testículo - próstata - conducto deferente - uretra - vagina - útero - trompa
d) testículo - epidídimo - conducto deferente - uretra - vagina - útero - trompa
4. Como se explicó en el texto, a partir de la pubertad se libera un óvulo del ovario una vez por mes. ¿Qué significado tiene la ovulación desde el punto de vista de las funciones reproductivas de la mujer?



El ciclo menstrual

Si sos mujer, posiblemente ya experimentaste la menstruación, y si sos varón habrás escuchado acerca de este hecho. ¿Qué ocurre durante la menstruación? ¿Qué relación hay entre la menstruación y la ovulación? ¿Y entre la ovulación y el embarazo? ¿Por qué se habla de un ciclo menstrual?

El término "ciclo" se usa en diferentes contextos. Por ejemplo, escuchamos acerca del ciclo de la vida o del ciclo del agua. Este término da la idea de un proceso que comienza, termina y vuelve a comenzar, una y otra vez. El **ciclo menstrual** no escapa a esta regla; se trata de un proceso que se extiende a lo largo de 28 días, aproximadamente, y durante el cual ocurre una serie de eventos que se repiten mensualmente. Involucra la acción de las hormonas hipofisarias (HFE y HL) y ováricas (estrógenos y progesterona), cambios en los folículos ováricos y en la pared del útero.

Para comprender el ciclo menstrual te sugerimos que, a medida que vas leyendo, analices cada una de las partes indicadas en la figura 16-12. Comenzaremos por el **día 1**, que indica el **comienzo de la menstruación** y dura, en promedio, 5 días. Durante estos días, la pared del útero pierde grosor porque el endometrio cae en la menstruación (**a**). Esto se acompaña de la pérdida de sangre porque se rompen vasos sanguíneos que irrigan la pared del útero, que se había preparado para albergar y nutrir al embrión.

Paralelamente aumenta la secreción de la hormona folículo-estimulante (HFE) que, como su nombre lo indica, estimula la maduración de un folículo, y del óvulo que

lleva dentro (**b**). A su vez, el folículo comienza a producir y liberar estrógenos (**c**) y contribuye a formar nuevamente el endometrio, que empieza a aumentar su espesor.

Ya desde el nacimiento, una niña tiene en sus ovarios alrededor de dos millones de óvulos inmaduros. A partir de la pubertad, cada mes, un óvulo completará su desarrollo (por el proceso de meiosis) y será liberado del ovario en la **ovulación** alrededor del **día 14** del ciclo (**d**), estimulada por un aumento marcado de la hormona luteinizante (HL). Esta hormona estimula asimismo la **formación del cuerpo lúteo**, que es lo que queda del folículo una vez que el óvulo fue expulsado (**e**).

El cuerpo lúteo continúa con la producción de estrógenos y comienza a producir progesterona, una hormona que en la segunda etapa del ciclo aumenta notablemente su concentración (**f**). Ambas hormonas provocan un **crecimiento del endometrio**. Además, ambas inhiben la liberación de las hormonas de la hipófisis, es decir que no habrá HFE y, por lo tanto, no comenzará la maduración de un nuevo folículo.

A esta altura, transcurre el **día 22** del ciclo, aproximadamente. Si en estos días no ocurrió la fecundación, el cuerpo lúteo comenzará a desintegrarse y dejará de producir hormonas ováricas. Como resultado del descenso en la concentración de estrógenos y progesterona (**g**), el endometrio deja de crecer y se desprende alrededor del **día 28**, es decir que una **nueva menstruación** ha llegado.

Paralelamente, se produce un nuevo aumento en las hormonas de la hipófisis que estimulan a un nuevo folículo para que madure. Y el ciclo comienza una vez más.

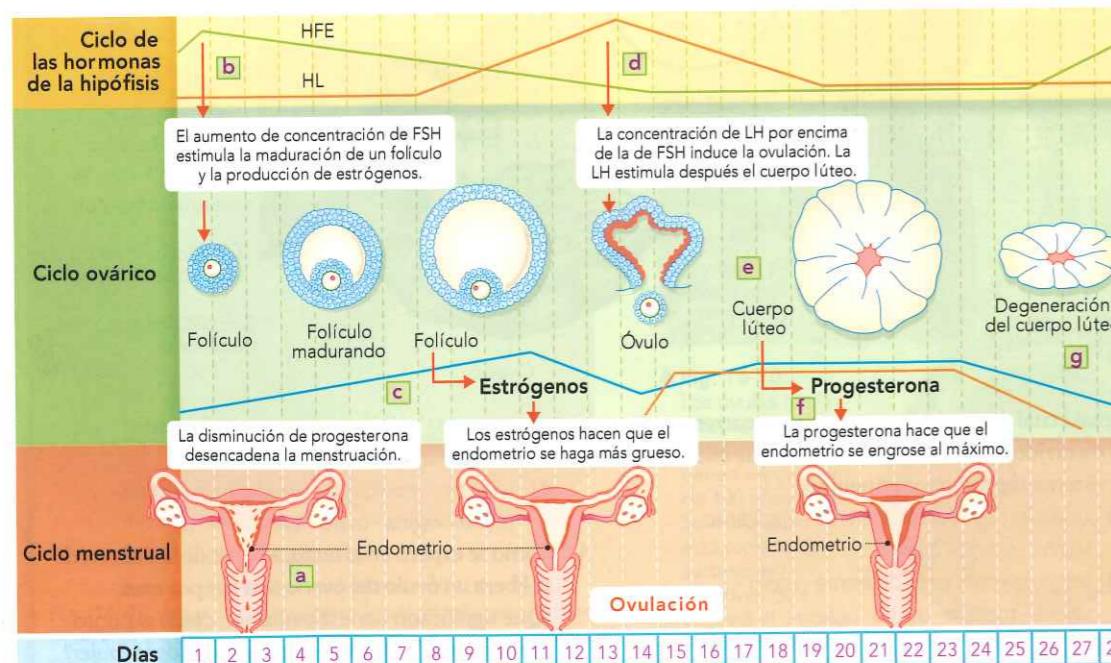


Fig. 16-12.
Ciclo menstrual.



Hormonas:
capítulo 12.



Genética y
herencia:
capítulo 17.

Fecundación y embarazo

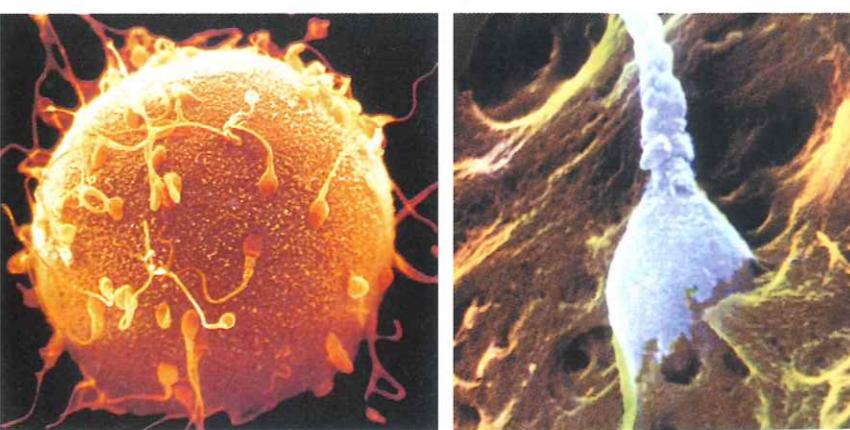
¿Qué sucede si durante el período menstrual ingresan espermatozoides en el sistema reproductor femenino? Todo depende del día del ciclo en que se encuentre la mujer. Para responder, volvamos a la etapa del ciclo en que se produce la ovulación. Ya sabés que una vez que el óvulo es expulsado del ovario ingresa en las trompas de Falopio, desde donde es transportado hacia el útero. Los óvulos, a diferencia de los espermatozoides, no tienen movilidad propia y se desplazan en un flujo mucoso impulsados por las contracciones de las paredes del oviducto. El recorrido del óvulo dentro de las trompas de Falopio puede durar entre dos y tres días. Si en esos días el óvulo se encuentra con los espermatozoides puede ocurrir la **fecundación**, es decir, la unión del óvulo con el espermatozoide (figura 16-13).

Si el óvulo no es fecundado en ese trayecto de las trompas, muere. Por lo tanto, el **período fértil** del mes se refiere a aquellos días en los cuales el óvulo puede ser fecundado.

Observá la figura 16-14. Luego de la fecundación se forma la **cigota**, primera célula de todo organismo, que tiene la cantidad completa de material genético, mitad heredada del padre a través del espermatozoide, y la otra

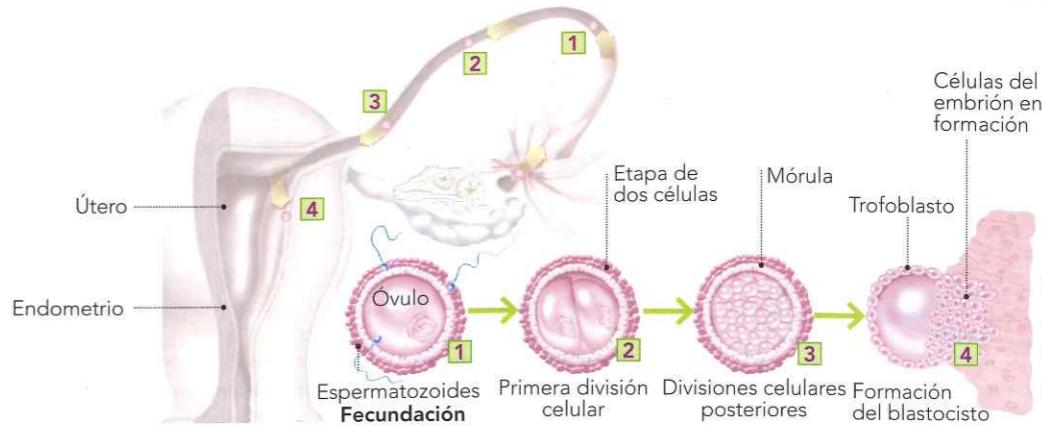
mitad de la madre a través del óvulo. A medida que la cigota sigue su recorrido hacia el útero, comienza a dividirse por mitosis y forma el **embrión**. Los movimientos musculares del oviducto y la agitación de las cílios que lo tapizan impulsan al embrión hacia el útero. Entre los cinco y seis días de la fecundación, el embrión —que consta de 120 células aproximadamente— se implanta en el útero. La **implantación** es el proceso por el cual algunas células del embrión se “incrustan” dentro del endometrio, así se sostienen en el útero y comienzan el intercambio de sustancias nutritivas con la sangre de la madre.

¿Qué ocurre mientras tanto en los ovarios? La formación del embrión impide que el cuerpo lúteo se reabsorba. Entonces, el cuerpo lúteo se mantiene durante tres meses y sigue secretando progesterona. Esto mantiene el endometrio donde se aloja el embrión e impide, a su vez, que se secreten las hormonas de la hipófisis. Al producirse el embarazo, *no se va a liberar HFE ni HL, y en consecuencia no va a haber una nueva ovulación, ni una nueva fecundación, así como tampoco habrá menstruación durante los nueve meses que dura la gestación del bebé*.



▲ Fig. 16-13. Sólo un espermatozoide, de los millones que ingresan en el semen, puede penetrar en el óvulo. Los espermatozoides viven dentro del cuerpo de la mujer hasta 72 horas. (En las fotos, óvulo y espermatozoides vistos con un microscopio electrónico).

- c 5. Explicá por qué si la ovulación ocurre un día en el período menstrual, se considera un período fértil más amplio de seis días, tres antes y tres después de la ovulación.
6. Si se conoce cuál es el período de ovulación y el período fértil del mes, ¿por qué no se recomienda usar este método para prevenir embarazos?



▲ Fig. 16-14. La cigota se multiplica y forma el pequeño embrión, denominado **blastocisto**, que consta de unas 120 células y se implanta en el útero. Las células del trofoblasto no forman el embrión propiamente dicho, pero son necesarias para su implantación en la pared uterina.

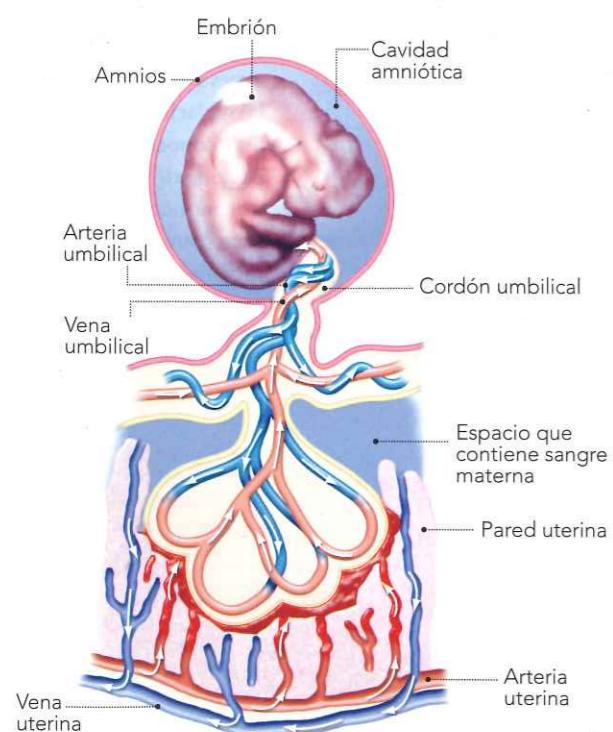
Crecimiento y desarrollo

Ya desde el momento de la concepción comienza el período de crecimiento y desarrollo, que seguirá a ritmo acelerado hasta la adolescencia.

- El **crecimiento** se refiere al *aumento en el número de células*, y comienza a partir de la duplicación de la cigota que, con el tiempo, se transformará en un organismo completo formado por miles de millones de células.
- El **desarrollo** consiste en *cambios que acompañan el crecimiento* e involucran la **diferenciación** (las células adquieren diferentes formas y funciones) y la **morfogénesis** (adopción de la forma del organismo).

Para que el embrión pueda seguir su desarrollo, la implantación en el útero es esencial. Observá la figura 16-15. Donde ocurre la implantación se forma la **placenta**, un tejido compuesto por células maternas y embrionarias.

El **cordón umbilical** se forma aproximadamente a los diez días de la fecundación. Es un conducto que contiene vasos sanguíneos del embrión que llegan hasta la placenta en donde se encuentran con vasos sanguíneos de la madre. ¿Se mezclan las células sanguíneas de la madre con las del embrión? No. A través de los vasos sanguíneos se realiza el **intercambio de sustancias** que hace posible la **nutrición del embrión**: nutrientes, oxígeno, agua y sales pasan de la sangre de la madre a



▲ Fig. 16-15. A través de la placenta la madre y el hijo se mantienen unidos e intercambian sustancias.

su hijo, mientras que el dióxido de carbono y desechos metabólicos pasan del hijo a la sangre de la madre, que los elimina de su cuerpo con sus propios desechos metabólicos. Es muy importante tener en cuenta que algunas sustancias tóxicas atraviesan la placenta y también lo hacen algunas drogas, el alcohol y la nicotina, así como algunos virus.

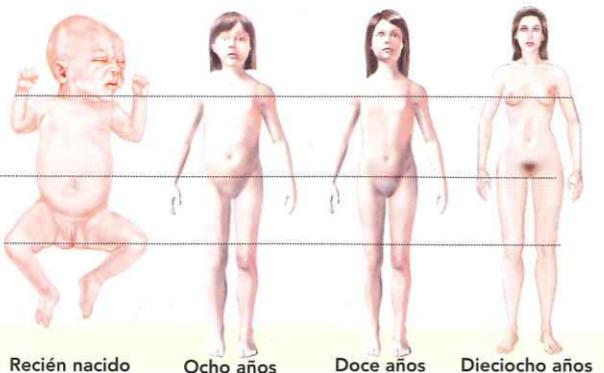
Mientras se forma la placenta, otras membranas se desarrollan y rodean al embrión. Entre ellas el **amnios**, una bolsa llena de **líquido amniótico** donde flota el embrión. Este fluido lo protege de los golpes o las sacudidas bruscas, de las fluctuaciones de la temperatura y evita su deshidratación.

Después de 38 semanas de gestación se produce el proceso de **parto** que culmina con el nacimiento del bebé. A partir del momento en el que se corta el cordón umbilical el bebé empieza a utilizar sus propios sistemas respiratorio, digestivo y excretor en el proceso de nutrición.

C El ombligo es la huella de la nutrición intrauterina que queda en el cuerpo. Justificá esta frase.

De embrión a adolescente

El crecimiento y el desarrollo que comienzan en la etapa embrionaria continúa hasta los 20 años, aproximadamente, y es regulado por la **hormona del crecimiento** que secreta la hipófisis. Las proporciones del cuerpo cambian durante el crecimiento ya que no todas las partes crecen a igual ritmo. En un embrión, la cabeza ocupa la mitad de la longitud del cuerpo, mientras que en un adulto sólo alcanza una octava parte. En un bebé las piernas alcanzan un tercio de su altura, mientras que en el adulto ocupan casi la mitad de su altura. El ritmo de crecimiento es especialmente acelerado antes del nacimiento y en los primeros años de vida, y alcanza su máximo a los 12 años en las mujeres y a los 14 años en los varones durante la pubertad. Y a partir de la reproducción, el ciclo de la vida volverá a comenzar en un nuevo individuo (figura 16-16).



▲ Fig. 16-16. Las proporciones del cuerpo cambian con la edad.



Anticoncepción y prevención de ETS

Todas las personas tienen derecho a tomar decisiones libres y responsables acerca de su reproducción, la cantidad y el número de hijos que desean tener. Es claro que el ejercicio de este derecho sólo es posible en la medida en que cada uno cuente con la información adecuada. ¿Cómo elegimos si no sabemos cuáles son las posibilidades de elección? Las acciones destinadas a lograr esta información se suelen denominar **planificación familiar**. Pero de manera más amplia se emplea el término **planificación reproductiva** ya que así se contempla también la necesidad de información que tienen los jóvenes (figura 16-17).

Cualquiera que sea la causa por la cual es preciso hacer una planificación familiar, es posible utilizar diferentes **métodos anticonceptivos** o de **control de la natalidad** para evitar un embarazo. A pesar de que en las últimas décadas aumentó el porcentaje de personas que recurren a alguno de estos métodos, todavía hay cientos de millones de personas en todo el mundo que no tienen acceso a la información sobre los métodos más adecuados a sus propias necesidades: diferentes circunstancias, estilos de vida y creencias. **L**

Durante muchos años, los métodos más utilizados fueron los **métodos de barrera** como el diafragma y el preservativo masculino. ¿Te das cuenta de por qué se llaman "de barrera"? Ambos evitan el ingreso del semen en el tracto genital femenino. A partir de 1960-1970 se generalizó el uso de la "píldora", una combinación de estrógenos y progesterona sintéticos que mantienen el nivel de estas hormonas en la sangre lo

suficientemente elevado como para bloquear la producción de HFE y HL.

C ¿Qué sucede con los folículos ováricos y la ovulación si se frena la producción de esas dos hormonas?

En los últimos años, el uso del preservativo ha tomado más relevancia ya que no sólo suministra una barrera para los espermatozoides sino también para muchos agentes infecciosos. Por lo tanto, es un método eficaz para prevenir **enfermedades de transmisión sexual** o **ETS**, como el sida, la hepatitis B y la sífilis, entre otras.

Infertilidad y reproducción asistida

Aunque el deseo de la pareja coincide en tener un hijo y exista la capacidad de asumir esa responsabilidad, en ocasiones se pueden presentar alteraciones que dificultan un embarazo natural. La **infertilidad** de una pareja se define como la *incapacidad de concebir un hijo a pesar de mantener un ritmo normal de relaciones sexuales sin métodos anticonceptivos durante un año*.

La **reproducción asistida** abarca un conjunto de procedimientos en los que un equipo médico colabora en el encuentro del óvulo con el espermatozoide. Existen técnicas de baja complejidad, como la **inseminación artificial**, que consiste en la introducción de espermatozoides en el tracto reproductivo de la mujer en forma no natural. Los procedimientos de alta complejidad involucran la estimulación hormonal de la ovulación, la aspiración de folículos y la selección de espermatozoides aptos. El modo de "reunirlos" puede ser por fertilización *in vitro*, o por inyección de un espermatozoide en el citoplasma del óvulo.

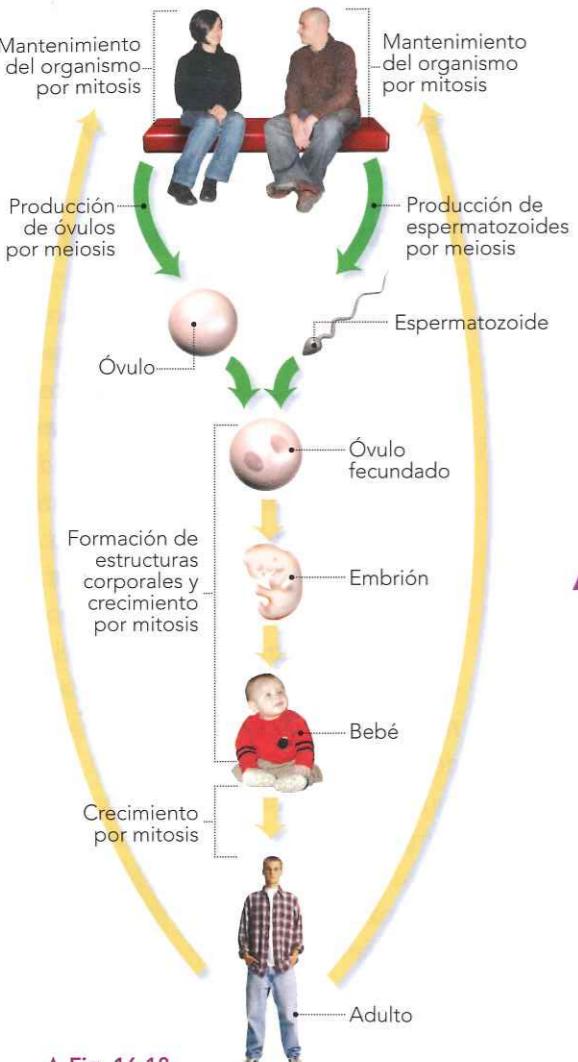


▲ Fig. 16-17. Mediante el Programa Nacional de Salud Sexual y Procreación Responsable se ofrece asesoramiento gratis en hospitales y centros de salud.

C Actividades finales

Aplicación y análisis

7. ¿Qué representa la figura 16-18? Redactá un texto que la explique.



▲ Fig. 16-18.

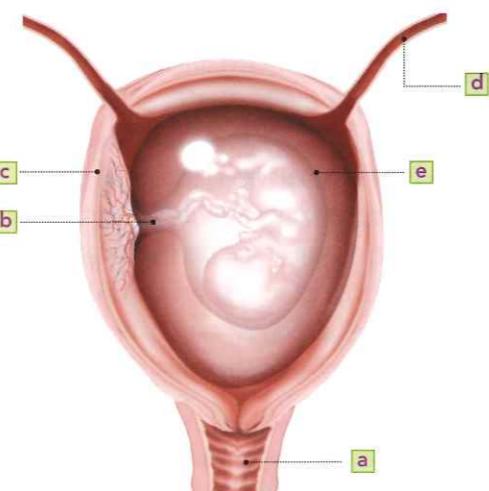
8. Observá la figura 16-19 y resolvé.

- Completá ambos esquemas con los nombres de los órganos que reconozcas.
- Una vez que los completaste indicá, en el que corresponda y usando diferentes colores, el camino que recorren:
 - los espermatozoides desde que son producidos en los testículos hasta que abandonan el cuerpo por la uretra;
 - el óvulo desde la ovulación;
 - los espermatozoides que penetran por la vagina hasta que encuentran los óvulos, y señalá con un círculo el lugar de encuentro de ambas gametas.



▲ Fig. 16-19. Esquemas de los sistemas reproductores masculino y femenino.

9. Descubrí cuáles son las estructuras señaladas en la figura 16-20 y luego completá las referencias.



▲ Fig. 16-20. Gestación y nutrición del feto.

Referencias

- Oviducto o trompa de Falopio: conducto que comunica el ovario con el útero, por el cual circulan los óvulos y donde puede producirse la fecundación.
- Placenta: tejido formado por la madre y el embrión, a través del cual intercambian sustancias entre ambos.

10. Indicá si las siguientes frases son verdaderas o falsas y justificá tu respuesta.

- El modo de acción de las píldoras anticonceptivas es que simulan un embarazo.
- Durante la gestación el feto utiliza sus pulmones en el proceso de respiración.
- La placenta es el órgano excretor del embrión y es, también, su superficie respiratoria y su fuente de nutrición.

Organización de la información

11. Completá el siguiente cuadro indicando los nombres o las frases que faltan.

Hormona	Dónde se produce	Dónde actúa	Función
Liberadora de gonadotrofina		Hipófisis	Estimula la liberación de las hormonas hipofisarias
Luteinizante	Hipófisis		
	Hipófisis		Estimula la maduración de folículos en los ovarios y la producción de testosterona
Testosterona		Testículos y otros órganos	
	Ovarios: folículo y cuerpo lúteo		Provoca el engrosamiento del endometrio y la aparición de los caracteres sexuales secundarios
Progesterona			

12. A continuación se presenta un mapa conceptual con algunos de los temas estudiados. ¿Qué le falta a este esquema para ser un verdadero mapa conceptual?

- Completalos.
- Copialo en tu carpeta y amplialo agregándole la información del sistema reproductor femenino. ¿Dónde incluirías la fecundación?



Investigación

13. Averiguá cuáles son los efectos del consumo de tabaco y alcohol en las mujeres embarazadas. ¿Cuáles son las consecuencias para el feto?

14. Reunite con tu grupo e investiguen qué es la talidomida. ¿Por qué se retiró de la venta durante los años sesenta? ¿Se usa en la actualidad? Discutí con tu grupo cuál es la importancia de una información correcta en el uso de medicamentos.

Genética y herencia



ayer

210

¿Cuántos años cumplió la genética? Los hijos se parecen a sus padres; eso nadie lo pone en duda. Pero, ¿cómo se transmiten las características físicas de una generación a otra? Esta pregunta es tan antigua como el hombre mismo. La respuesta la dio la genética hace 100 años... ¿o hace 140?

Es difícil saber realmente cuándo comenzó la ciencia que conocemos como **genética**. Por lo general hay acuerdo en cuanto a que el verdadero origen de la genética tuvo lugar en 1865 como resultado de los estudios hechos por Gregor Johann Mendel. Este monje dedicó ocho años de su vida a realizar experimentos en el jardín de la abadía de Brünn en Austria (hoy Brno, en la República Checa). Cruzaba plantas de arvejas y anotaba con detalle sus resultados, generación tras generación. En 1866 Mendel publicó sus conclusiones en la revista de la Sociedad de Historia Natural de Brünn. Él sostenía que cada individuo era portador de "factores" (aún no estaba claro qué eran) que determinaban las características y que se heredaban de padres a hijos. Lamentablemente, el trabajo de Mendel "durmió" en la biblioteca durante 35 años sin que nadie advirtiera su importancia. El propio Mendel, desanimado, abandonó la investigación y en 1884 murió sin saber que iba a convertirse en el "padre de la genética". Pero recién en 1900 se publicaron trabajos científicos que tomaban en cuenta sus ideas. Así se redescubrió su trabajo y se modificó la manera de pensar y de experimentar los problemas de la herencia. El mendelismo se expandió por Europa y América hasta convertirse en un tema de discusión común. Genetistas famosos, como William Bateson, introdujeron y defendieron las ideas del mendelismo en Inglaterra. En 1906, en una reunión científica, Bateson instaló el término "genética" como el nombre para esta nueva ciencia. Aun cuando han pasado 100 o 140 años, la genética es una ciencia joven todavía y con un gran futuro por delante.

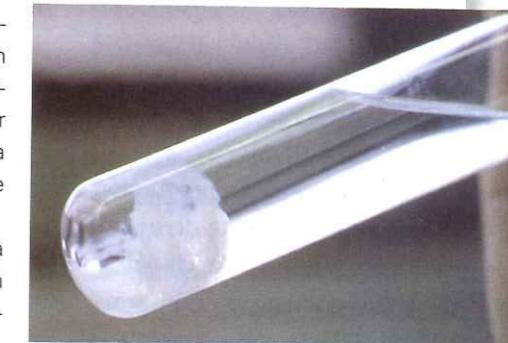
Gregor Johann Mendel (1822-1884). Monje y naturalista, nació en Heinzendorf, Austria (hoy Hyncice, República Checa). Tomó el nombre de padre Gregor en 1843, al ingresar como fraile agustino, por necesidad, en el convento de Brünn, ya que su padre tenía dificultades para mantener sus estudios. En 1847 se ordenó como sacerdote.



Fig. 17-1. Mendel ► trabajando en su jardín.



Fig. 17-2. Extracción con alcohol de ADN humano.



Un banco que invierte en ADN. El siguiente artículo periodístico aporta un ejemplo interesante de cómo puede ayudar el conocimiento científico a resolver cuestiones de la vida cotidiana.

→ hoy

Impulsan la creación de un banco de ADN de criminales

"En la escena del delito, el que va a perpetrarlo siempre deja algo de sí y se lleva algo de la víctima". Con esta certeza en mente, los expertos de la Sociedad Argentina de Genética Forense (SAGF) proponen crear una gran base de datos con información genética para identificar de manera rápida y cierta a los autores de violaciones, homicidios y secuestros.

Para ello, elaboraron un anteproyecto de ley para la creación de un banco de perfiles de ADN criminal a partir de los 13 marcadores genéticos utilizados internacionalmente para cotejar las evidencias que los investigadores policiales recogen de las víctimas y la escena del delito.

"Es utilizar la tecnología molecular del ADN con la informática para contribuir a resolver causas judiciales y, dado que está demostrado que el delincuente es proclive a reincidir, como ocurre con los violadores, para tener un índice nacional que permita comparar y buscar coincidencias entre las evidencias y los sospechosos con una determinada tipología criminal", explicó la doctora Primarosa Chieri, presidenta de la SAGF, genetista y médica legista.

El perfil de ADN de una persona es único, como sus huellas dactilares, y se obtiene mediante un proceso de análisis automatizado del material genético que contienen las células que se pueden encontrar en manchas (sangre, semen y saliva), cabellos, escamas de la piel, hisopado vaginal o una prenda íntima, entre tantas otras muestras biológicas.

Una vez obtenido el perfil, se coteja en el laboratorio con las muestras de ADN de los sospechosos proporcionadas por los juzgados intervenientes para establecer la correspondencia genética. Contar con un banco nacional de perfiles de ADN no sólo aceleraría el proceso judicial sino que también permitiría prevenir nuevos delitos por reincidencia.

"Los datos se analizan a través de 13 marcadores que sólo permiten identificar a una persona y no aportan otra información, como predisposición a enfermedades", precisó el doctor Daniel Corach, director del Servicio de Huellas Dactilares Genéticas de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires (UBA).

La combinación de esos marcadores característicos es tal que "resulta casi imposible encontrar un perfil genético igual al de otra persona que no sea el dueño de la evidencia", agregó el experto. La única excepción a esta regla, indicó, son los gemelos bivitelinos, porque comparten la información genética. [...]

Fig. 17-2. Extracción con alcohol de ADN humano.



Fuente: *La Nación*, 14 de julio de 2006.



1. Respondé las preguntas teniendo en cuenta la información de "ayer" y de "hoy".

- "En la escena del delito, el que va a perpetrarlo siempre deja algo de sí". ¿A qué se refiere esta frase del artículo? ¿Cuáles son los rastros y qué utilidad tienen?
- ¿Qué significa que el perfil genético de un individuo es único?
- Sólo los gemelos tienen el patrón genético idéntico. ¿Cómo lo explicarías teniendo en cuenta lo estudiado en el capítulo 16 sobre la reproducción?
- ¿Cómo podría contribuir un banco de material genético a resolver los delitos?
- En 1987 se creó en Argentina el Banco Nacional de Datos Genéticos donde se obtiene y almacena información genética para la determinación y el esclarecimiento de casos relativos a la filiación (parentesco). ¿Cómo explicarías que mediante un análisis de ADN se puedan identificar relaciones familiares?
- ¿Qué relación se puede establecer entre Mendel y el desarrollo de bancos genéticos?

211

Capítulo 17

¿Qué estudia la genética?

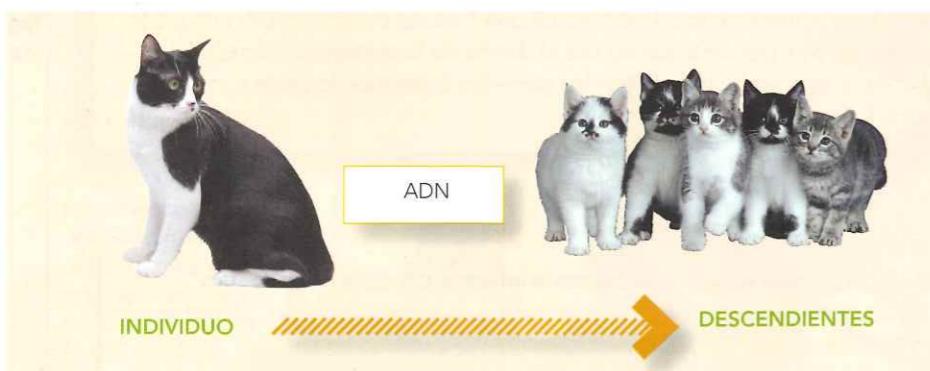
¿Qué es lo que determina que los humanos tengamos forma de humanos? Es decir que tengamos dos piernas, dos brazos, cinco dedos en cada mano y pie, dos ojos al frente y dos orejas a los costados de la cara. ¿Y qué determina que una planta tenga flores rojas y realice la fotosíntesis, o que un animal camine y otro nadie? La respuesta está en el **ADN**, el material genético que todos los seres vivos tenemos en nuestras células, y que se transmite de una generación a la siguiente (figura 17-3).

Como viste en el capítulo 16, durante la reproducción, los progenitores transmiten a sus hijos parte de su material genético, que determina sus propias características. Los organismos que se originan por reproducción sexual reciben una combinación de ADN de ambos padres y, en consecuencia, tienen rasgos parecidos a ambos. Los organismos que se originan por reproducción asexual, como las bacterias, reciben una copia completa del ADN de su único progenitor y, debido a eso, son idénticos a él.

C Repásalo que viste en el capítulo 5. ¿Cómo se denomina el proceso por el cual ciertos organismos se reproducen asexualmente? ¿Qué otras células se dividen por este mecanismo?

¿A través de qué tipo de células se transmite el ADN de una generación a la siguiente en la reproducción sexual? ¿Cómo se originan?

De todas formas, es importante tener en cuenta que la expresión de la información genética, es decir, cómo se manifiestan los caracteres que "dicta" el ADN, depende



► **Fig. 17-3.** El ADN determina las características y funciones de cada individuo y se transmite de una generación a la siguiente.

 2. Si el ADN determina las características hereditarias, ¿cómo explicarías que todos los seres humanos tengamos características parecidas

y que, a su vez, todos seamos diferentes? Para responder esta pregunta podés repasar lo que viste en el capítulo 4.



Composición
química de
los seres vivos:
capítulo 4.
División
celular:
capítulo 5.
Reproducción:
capítulo 16

Mendel y los comienzos de la genética

Como mencionamos en la apertura de este capítulo, hace 140 años, aproximadamente, el monje austriaco Gregor Mendel, una persona curiosa y metódica, se propuso averiguar cómo se transmiten los caracteres de padres a hijos. ¿Cómo lo hizo? Tené en cuenta que muchos datos que hoy tenemos, como la existencia del ADN, en ese momento no se conocían.

Para comprenderlo primero debemos considerar que cuando se quiere estudiar la herencia de una característica determinada en una especie es necesario examinar esa característica a lo largo de varias generaciones. Esto es posible en organismos en los cuales los tiempos de vida son cortos, como las moscas o algunas plantas. Eso es, justamente, lo que hizo Mendel. En el siglo xix, en el jardín del monasterio donde vivía, dedicó varios años a estudiar la herencia en las plantas de arvejas. Eligió estas plantas porque se reproducen sexualmente, son fáciles de cultivar y crecen rápido. Todo esto le permitía estudiar varias generaciones, repetir las experiencias cientos de veces y analizar matemáticamente sus resultados. Mendel estudió en particular siete características de las plantas de arvejas, que se muestran en la figura 17-4.

Cada una de estas características presentaban sólo dos opciones, y, además, fácilmente distinguibles. Por ejemplo, el color de la flor era púrpura o blanco; la

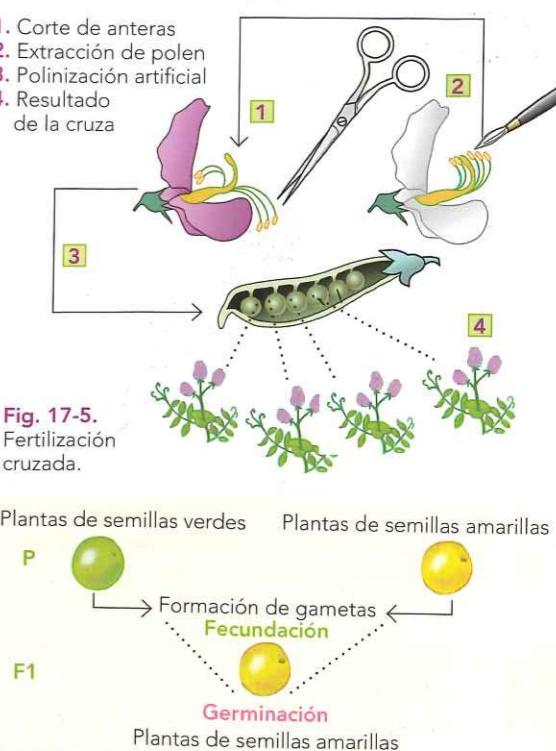


▲ Fig. 17-4. Caracteres analizados por Mendel en sus experimentos con plantas de arvejas.

altura de la planta era alta o baja; la semilla era verde o amarilla, lisa o rugosa, etcétera.

Mendel estudió cada una de estas características por separado mediante cruzas que planificaba cuidadosamente, como muestra la figura 17-5. Debido a que las plantas de arvejas con las que trabajó, eran hermafroditas (una misma flor tenía ambos sexos), para evitar la autopollinización –que podría alterar los resultados buscados– Mendel abría el pimpollo antes de la maduración y retiraba con pinzas las anteras (estructuras reproductoras masculinas). Luego las polinizaba artificialmente, espolvoreando el estigma (extremo superior del órgano reproductor femenino) con polen recogido de las anteras de otra planta, que tuviera la característica de interés.

Esto hizo Mendel para estudiar cada par de caracteres elegidos. Observá la figura 17-6. En primera instancia, Mendel cruzó dos plantas que diferían en una característica: plantas de semillas verdes con plantas de semillas amarillas. Estas plantas eran **puras** para ese carácter. ¿Qué significa esto? Las plantas de líneas puras pertenecen a un **linaje**, es decir, a una familia de varias generaciones en la que todas las plantas tienen ese mismo color de semilla y ningún integrante de la familia tendrá otro color. Mendel observó que cuando cruzaba especies puras de semillas amarillas con especies puras de semillas verdes, todos los descendientes en la **primera generación filial (F1)** tenían semillas amarillas.

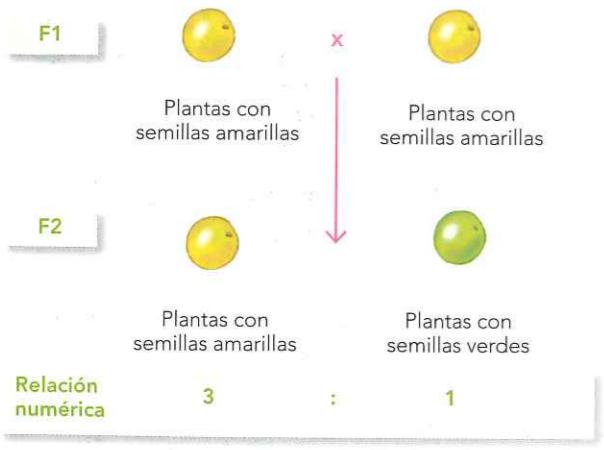


▲ Fig. 17-6. Los padres son la generación P (parental) y sus descendientes representan la generación F1 (filial 1).

Los factores de Mendel

Continuemos ahora con una de las primeras observaciones de Mendel al cruzar plantas puras que diferían en un carácter: la primera generación presentaba una de las dos características de los padres (semillas de color amarillo, en este caso), y la otra variante (color verde) aparentemente "desaparecía". Pero, ¿era realmente que esta variante del color desaparecía? ¿O podría estar "oculta"? La respuesta a esta pregunta llegó cuando Mendel cruzó entre sí plantas de la F1. Cuando los miembros de esta generación se entrecruzaron, Mendel obtuvo en la **segunda generación filial (F2)** descendientes con semillas amarillas y otros con semillas verdes (figura 17-7). Es decir que la alternativa verde que aparentemente había "desaparecido" en la primera generación, "reaparecía" en la segunda. Esto indica que el color verde no había "desaparecido" en la F1, sino que permanecía "oculto" frente al color amarillo que predominaba. A la alternativa que aparecía en la primera generación Mendel la llamó **dominante**, y a la que permanecía "oculta" la denominó **recesiva**.

Luego del análisis estadístico de miles de organismos en la generación F2, Mendel determinó que la relación numérica entre plantas con semillas amarillas (dominantes) y plantas con semillas verdes (recesivas) era aproximadamente de **3:1**, es decir, 3 plantas con semillas amarillas por cada planta con semillas verdes.

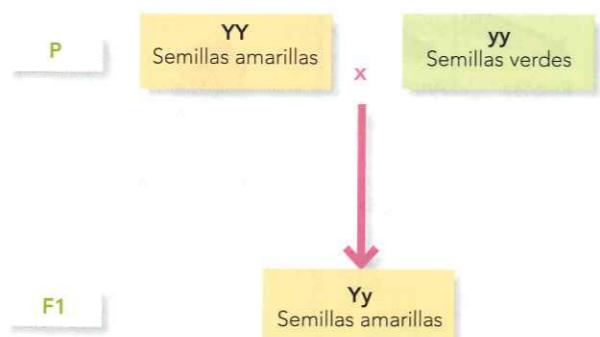


▲ Fig. 17-7. Experimento de Mendel para estudiar la herencia del color de la semilla en la segunda generación.

- c** 3. Justifica las siguientes afirmaciones a partir de los conceptos de genética.
- Las plantas con dos factores dominantes (YY) y las plantas con dos factores diferentes (Yy) tienen ambas semillas amarillas.
 - ¿Cuáles son los dos factores que deben combinarse para que la planta manifieste el color recesivo de las semillas?

El hecho de que el factor recesivo estuviera presente en la F1, aunque oculto por el factor dominante, le permitió a Mendel concluir que *cada característica está determinada por dos factores que se heredan de los progenitores*. Es decir que las plantas de la F1, aunque manifestaban sólo el color amarillo en sus semillas, eran portadoras de ambos factores: el dominante que le aportó uno de sus progenitores y el recesivo que le aportó el otro. Mendel concluyó que los factores hereditarios en realidad no se mezclaban. Es decir, el resultado de la combinación de dos factores para cada característica no es la fusión de los factores de sus progenitores sino que *ambos factores se mantienen de manera independiente y así se transmiten a la siguiente generación*.

Para representar los resultados de Mendel, a cada uno de los factores se le asigna una letra, en mayúscula para el dominante y la misma letra en minúscula para el factor recesivo. A partir de esto, la primera cruce de la experiencia anterior podría expresarse como muestra la figura 17-8. Una planta progenitora tiene dos factores dominantes (YY) para el color de semilla y esto determina que se manifieste el color amarillo. El otro progenitor tiene ambos factores recesivos (yy) y manifiesta la alternativa verde. Cada hijo en la primera generación hereda dos factores, uno de cada progenitor. ¿Qué factores tienen entonces las plantas con semillas amarillas en la F1?



▲ Fig. 17-8. La letra Y representa el factor que determina el color amarillo de la semilla que es dominante sobre el factor recesivo representado por la letra y, que determina el color verde. La letra x simboliza la cruce.



Composición química de los seres vivos: capítulo 4.

La genética moderna

c Antes de seguir leyendo tratá de resolver algunas cuestiones. ¿Qué son en realidad los "factores" hereditarios de Mendel? ¿Cómo están constituidos? ¿Cuáles creés que fueron los conocimientos que se sumaron a los descubrimientos de Mendel y que llevaron a la genética moderna?

En los años siguientes a los estudios de Mendel, no eran suficientes los conocimientos acerca de los cromosomas y de su comportamiento en la división celular, como para relacionarlos con sus descubrimientos. Entre 1884 (el año de la muerte de Mendel) y 1888 se describieron la mitosis y la meiosis y su posible relación con la herencia. El núcleo fue identificado como la localización del material genético, y se propuso que los caracteres eran llevados por los cromosomas a las células hijas. Pero hubo que esperar hasta 1902 para que el biólogo Walter Sutton **17** realizara una serie de experimentos relacionados con los cromosomas y el proceso de meiosis, por medio del cual se forman las gametas. Sutton observó unas estructuras a las cuales llamó **cromosomas**, que se comportaban de la misma manera que lo hacían los factores de Mendel. Entonces, cuando nadie conocía la función de los cromosomas, Sutton propuso que los cromosomas eran los portadores de los factores de Mendel, o **genes**. Esto se conoce como **teoría cromosómica de la herencia** y sostiene que *los genes*

son unidades físicas que se localizan en los cromosomas. Cada gen es un fragmento determinado del ADN, que tiene información para una característica particular.

La figura 17-9 representa la relación entre los cromosomas, el ADN, los genes y los nucleótidos.

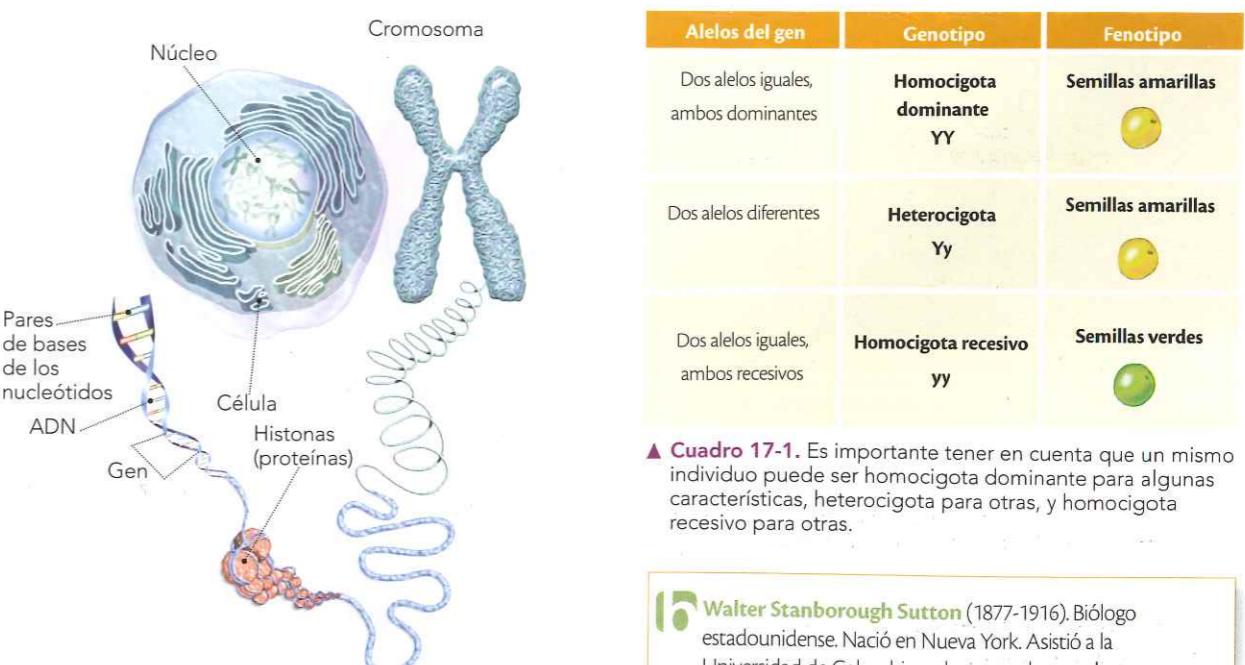
En la herencia, cada progenitor aporta una parte de su información genética al hijo. Es decir que para cada característica el hijo recibe dos fragmentos de ADN, uno que aporta el padre y otro que aporta la madre en la fecundación. Ambos fragmentos integran el gen que determinará la característica en el hijo. A cada uno de esos fragmentos se lo conoce hoy con el nombre de **alelo**. Por lo tanto, *cada gen está integrado por dos alelos, y cada alelo es una variante de un gen*.

c ¿Considerás que el concepto "factores" de Mendel se relacionaría con lo que hoy llamamos genes o con lo que llamamos alelos?

Volviendo al ejemplo de la experiencia de Mendel, el gen que determina el color de la semilla está integrado por dos alelos. La combinación de alelos que constituyen un gen es el **genotipo**. Y la característica que se manifiesta en el individuo es el **fenotipo**.

c De esto ¿se puede concluir que el fenotipo para cada característica depende del genotipo o es al revés?

El cuadro 17-1 representa los posibles genotipos para el color de la semilla en las plantas de Mendel y los fenotipos correspondientes.



▲ Fig. 17-9. Cada célula tiene muchos cromosomas. Cada cromosoma está constituido por una molécula de ADN enrollada. Un gen es un fragmento particular de ADN que determina una característica.

17 Walter Stanborough Sutton (1877-1916). Biólogo estadounidense. Nació en Nueva York. Asistió a la Universidad de Columbia y obtuvo su doctorado en Medicina en 1907. Su aporte más significativo a la biología actual fue su teoría que postula que las leyes de Mendel de la herencia pueden aplicarse a los cromosomas a nivel celular.

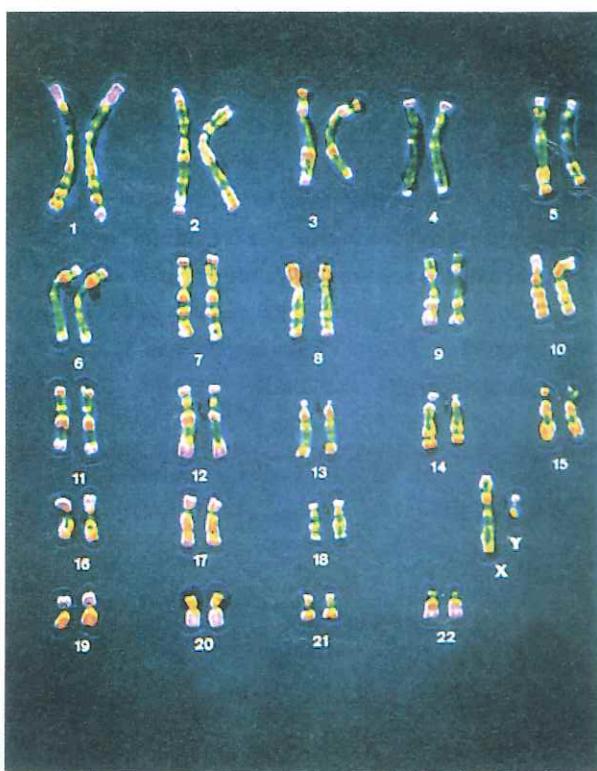
Los cromosomas y la herencia

Cada especie tiene una cantidad particular de cromosomas en sus células. La especie humana, por ejemplo, posee 46 cromosomas en sus células somáticas (todas las células del organismo con excepción de las sexuales) y 23 cromosomas en las gametas. Los 46 cromosomas que se hallan en las células somáticas son, más precisamente, 23 pares. Cada par está integrado por un cromosoma de origen paterno y otro de origen materno, que llegaron a través del espermatocito y del óvulo. A los cromosomas de cada par se los denomina **homólogos**.

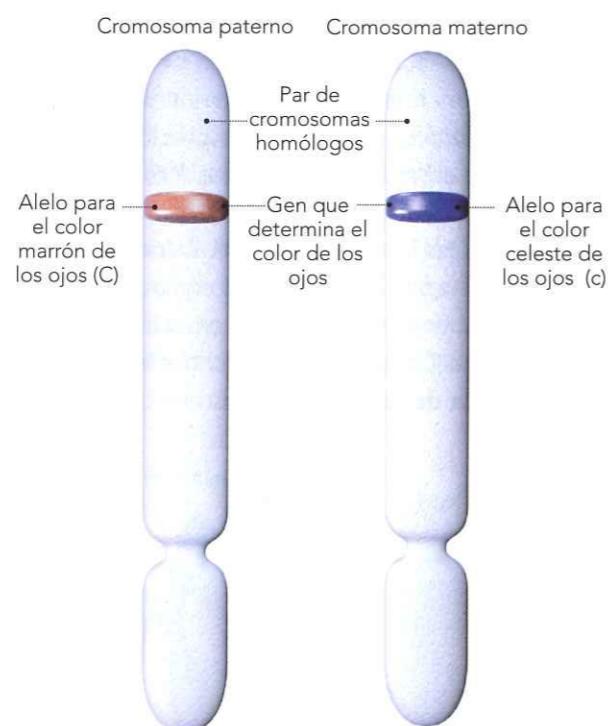
La figura 17-10 es una foto que muestra los cromosomas extraídos de las células de un hombre, ordenados

según la forma y el tamaño en pares de cromosomas homólogos. Esta imagen muestra el **cariotipo humano**.

El ADN que integra cada par de cromosomas homólogos incluye la información genética para las mismas características. Por ejemplo, si un cromosoma del par tiene un fragmento que determina el color de ojos, el cromosoma homólogo tendrá en el mismo lugar información para la misma característica. Es decir, que *para cada característica, cada individuo tiene información por partida doble, materna y paterna*, como se representa en la figura 17-11. Esto es el resultado de la unión de las gametas durante la fecundación, en el proceso de reproducción sexual. Cada gameta, originada durante la meiosis, aporta un cromosoma de cada par de homólogos.



▲ Fig. 17-10. Cariotipo humano masculino. Los cariotipos femenino y masculino difieren en el par número 23, denominados cromosomas sexuales, XX en mujeres y XY en varones.



▲ Fig. 17-11. Ambos cromosomas del par tienen un fragmento de ADN en la misma ubicación que determina la misma característica. Ambos fragmentos constituyen el gen. En este caso está integrado por dos factores diferentes: el materno determina el color celeste de los ojos (c) y el paterno, el color marrón (C).

El Proyecto Genoma Humano. Comenzó en 1990 y fue un trabajo conjunto entre laboratorios de varios países del mundo. El plan contemplaba 15 años de trabajo para descifrar el genoma humano, es decir, la secuencia de nucleótidos de los cromosomas de una célula humana. El 26 de junio de 2000 se anunció

profundización

que se habían secuenciado completamente los 3.000 millones de "letras" del genoma. ¿Por qué resultan tan importantes estos datos? Se espera que a partir de estos conocimientos se puedan predecir potenciales enfermedades, prevenirlas y desarrollar nuevos tratamientos y medicamentos "a medida".



División celular:
meiosis:
capítulo 5.

Gametogénesis:
capítulo 16.

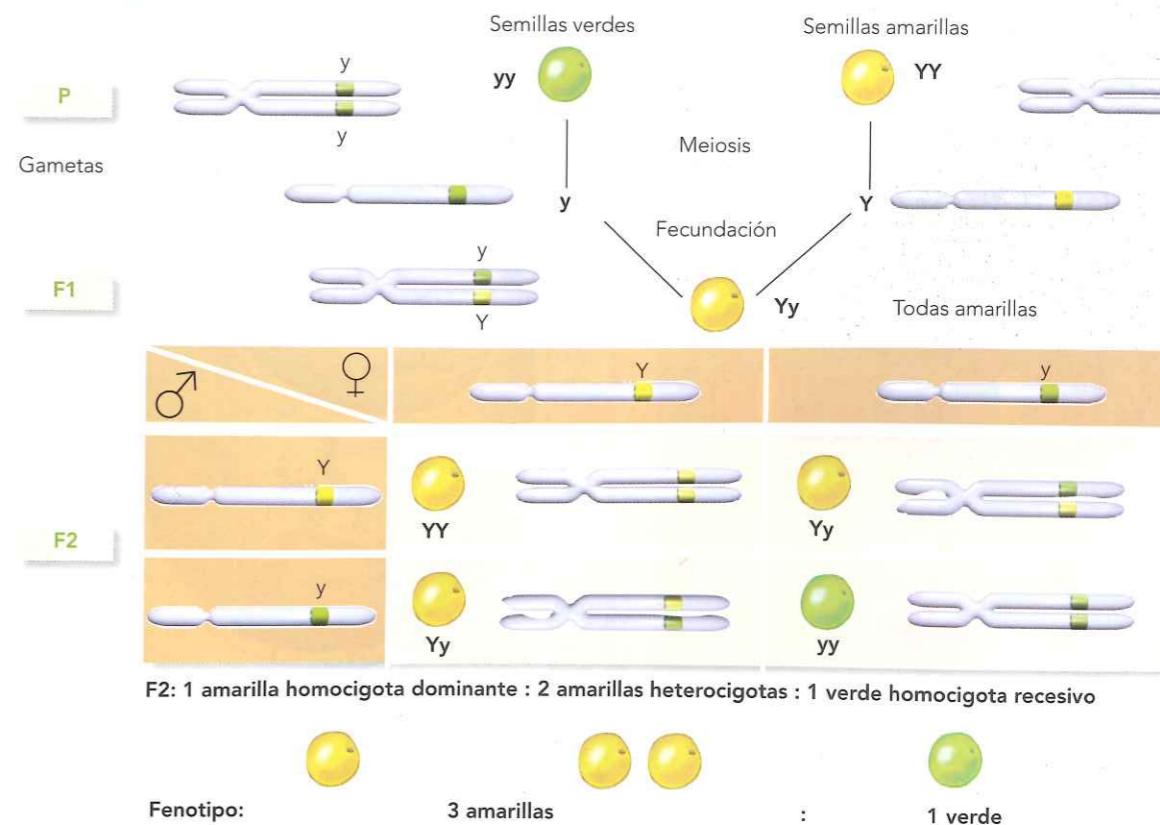
Sutton propuso que si los cromosomas son los portadores de los genes, entonces, cuando los cromosomas se separan en la meiosis, cada gameta recibe sólo un integrante del gen, es decir, un alelo del par.

Para comprender la relación entre la meiosis, los cromosomas y los genes, te proponemos analizar una de las experiencias de Mendel a través de la figura 17-12.

Como podés ver, los dos alelos de cada gen se separan en la meiosis. Cada gameta es portadora de un alelo del gen. Cuando se produce la fecundación, cada gameta aporta uno de los alelos. Como resultado, el hijo tendrá en el gen que determina esta característica dos alelos, uno proveniente del padre y otro de la madre. En este caso, los descendientes en la F1 tienen el genotipo heterocigota, Yy. Cuando se cruzan entre sí dos integrantes de la F1, cada uno de ellos puede producir en la meiosis dos tipos de gametas, unas que aportan el alelo dominante (Y) y otras que aportan el alelo recesivo (y). En el cuadro se muestran las diferentes combinaciones posibles de genotipos que se obtendrían en la F2, según las gametas que intervienen en la fecundación.

Como muestra el cuadro de la figura, el 75% de los descendientes sería de color amarillo y el 25%, de color verde, tal como había concluido Mendel.

Fig. 17-12. Teoría cromosómica de la herencia.



La relación de genotipos sería: 1 YY : 2 Yy : 1 yy, es decir que entre todos los descendientes habría en teoría 25% de genotipo homocigota dominante, la mitad de genotipo heterocigota, y 25% de genotipo homocigota recesivo, para esta característica particular.

El cuadro 17-2 muestra el esquema empleado para calcular las proporciones de descendientes en la F2, denominado **cuadro de Punnet**, y es un mecanismo útil para considerar las diferentes combinaciones posibles de gametas. En la fila y en la columna se escriben las gametas de ambos progenitores y en las celdas se combinan sus alelos. Así se obtienen los genotipos en la próxima generación.

♀ ♂	Y	y
Y	YY	Yy
y	Yy	yy

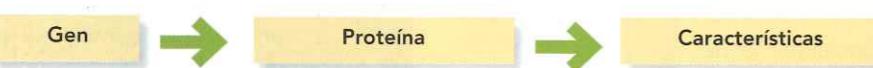
◀ Cuadro 17-2.
Cuadro de Punnet.

5. Si se cruzara una planta de semillas verdes de la F2 (ver el cuadro de Punnet) con una planta amarilla heterocigota, ¿qué proporción de genotipos y fenotipos se obtendrían en la siguiente generación?

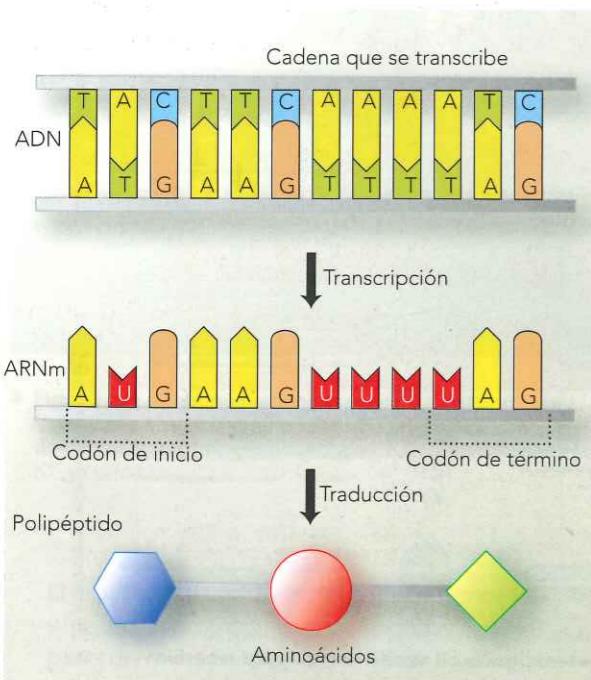
De los genes a las proteínas

Hasta ahora explicamos cómo están codificadas ("escritas") las instrucciones en el ADN. Lo que aún queda por saber es cómo se traduce a una característica la información contenida en el ADN. En otras palabras, ¿cómo es posible que la información "escrita" en un gen se manifieste, por ejemplo, como color celeste en los ojos, o color amarillo en la semilla, o la forma de la nariz? La respuesta está en la **síntesis de proteínas**. Se trata del *proceso por el cual se fabrica una proteína a partir de la información del gen que la codifica*. ¿Cómo es esto?

Durante la síntesis de proteínas, la información escrita en el código de nucleótidos en el ADN se traduce al código de aminoácidos. Como ya viste en el capítulo 4, las proteínas que se forman son variadas y cumplen múltiples funciones en el organismo. Entonces, esta síntesis de proteínas es importante no sólo porque se trata de los componentes estructurales de la célula sino porque las enzimas (un tipo de proteínas) participan de la fabricación del resto de los componentes celulares (figura 17-13).



▲ Fig. 17-13. Cada gen tiene una secuencia particular que determina la fabricación de una proteína específica y a partir de ella determina una característica.



▲ Fig. 17-14. La síntesis de proteínas consiste en la fabricación de un polipéptido a partir de la unión de aminoácidos, según la información codificada en el ADN, mediada por el ARN mensajero.

C A partir de la figura 17-13 tratá de explicar por qué dos personas que están genéticamente emparentadas tienen características similares.

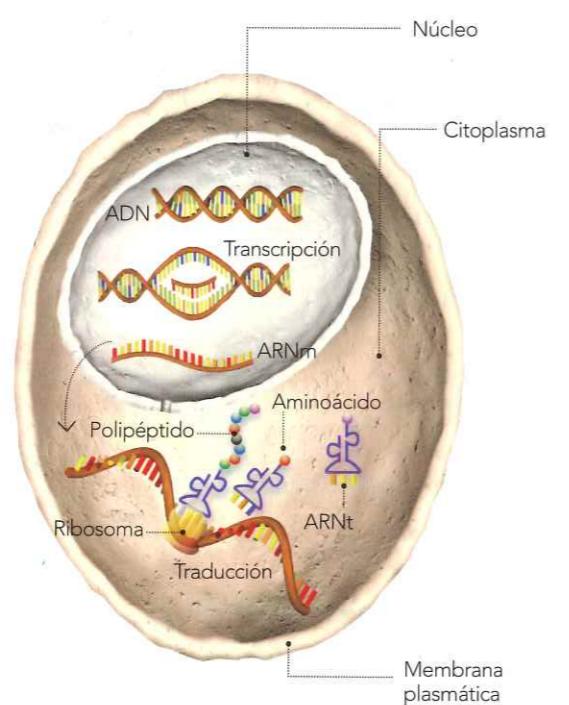
Como recordás, cada tipo de proteína se caracteriza por tener una cantidad y un tipo de aminoácidos, ubicados en un orden particular determinado por el ADN. Para repasarlo volvé al capítulo 4.

La figura 17-14 muestra el proceso general de síntesis de proteínas, mientras que en la figura 17-15 están representadas las etapas del proceso dentro de una célula eucariota.

La síntesis de una proteína consiste en dos etapas: transcripción y traducción.

- Durante la **transcripción** se fabrica una molécula de **ARN mensajero** (ARNm), que es complementaria a una de las hebras del ADN.
- En la etapa de **traducción** que sigue, la molécula de ARNm "escrita" en el código de nucleótidos, se traduce a una molécula formada a partir de aminoácidos.

En la página siguiente veremos este proceso con más detalle.



▲ Fig. 17-15. La transcripción ocurre dentro del núcleo de la célula eucariota, y la traducción en los ribosomas del citoplasma celular.



Proteínas:
capítulo 4.



Composición
química de
los seres vivos:
capítulo 4.



Replicación del
ADN:
capítulo 5.
Evolución:
capítulo 19.

En las células eucariotas la transcripción ocurre dentro del núcleo. (A medida que leés, observá la figura 17-15 de la página anterior).

- 1.º La doble hélice de ADN se abre y se fabrica una molécula de ARNm complementaria a una de las hebras del ADN.
- 2.º La molécula de ARNm sale del núcleo y llega al citoplasma, donde los ribosomas comienzan el proceso de traducción.
- 3.º Durante la traducción el ribosoma avanza sobre el ARNm y "lee" de a tres nucleótidos (**codón**), y, de acuerdo con la secuencia de cada codón, coloca un aminoácido particular en la cadena polipeptídica en formación.
- 4.º El **ARN de transferencia** (ARNt) es el encargado de traer el aminoácido correspondiente, que se unirá mediante un enlace peptídico al aminoácido anterior de la cadena.
- 5.º A medida que el ribosoma avanza se van agregando aminoácidos hasta formar un polipéptido.
- 6.º Finalmente, el polipéptido adquiere su estructura espacial y constituye una proteína que cumple una función particular en la célula, o fuera de ella.

El código genético universal

Con el tiempo, las conclusiones a las que arribó Mendel mostraron ser válidas para todos los seres vivos. Es decir, se descubrió que a pesar de la enorme diversidad de seres vivos que existen incluso dentro de una misma especie, el ADN tiene la misma constitución en todos los seres vivos, y codifica para los mismos aminoácidos en la síntesis de proteínas. Así se construyó la tabla del

SEGUNDA LETRA				
PRIMERA LETRA	U	C	A	
U	UUU UUC UUA UUG	Fenilalanina Leucina	UCU UCC UCA UCG	Serina Código de parada
C	CUU CUC CUA CUG	Leucina	CAU CAC	Histidina
A	AUU AUC AUA AUG	Isoleucina Metionina (iniciación)	CAA CAG	Glutamina
G	GUU GUC GUA GUG	Valina	ACU ACC ACA ACG	Treonina
TERCERA LETRA				
	GAU GAC	Alanina	AAA AAG	Lisina
	GCU GCC GCA GCG		AAU AAC	Aspargina
	GAA GAG		AGU AGC	Serina
	GAU GAC		AGA AGG	Arginina
	GCU GCC GCA GCG		GAU GAG	Ácido aspártico
	GAA GAG		GGU GGC GGA GGG	Ácido glutámico
			UCA G	Glicina

▲ Cuadro 17-3. El código genético permite traducir 61 codones (tripletes de nucleótidos) a aminoácidos, y 3 codones detienen el proceso de traducción. Como sólo existen 20 aminoácidos, varios codones codifican para el mismo aminoácido.

código genético (cuadro 17-3) que permite, a partir de la secuencia del ARN mensajero, determinar cómo será la secuencia de la proteína para la cual el gen codifica.

Las mutaciones

En ocasiones, al estudiar rasgos hereditarios, aparece una característica que no está ni en los padres ni en otros antecesores. Por ejemplo, una afección que altera la hemoglobina en la sangre. Esto puede ser el resultado de una **mutación**. Una mutación se define como *un cambio casual en la secuencia del ADN*, que puede producir un cambio en la proteína para la cual el gen codifica.

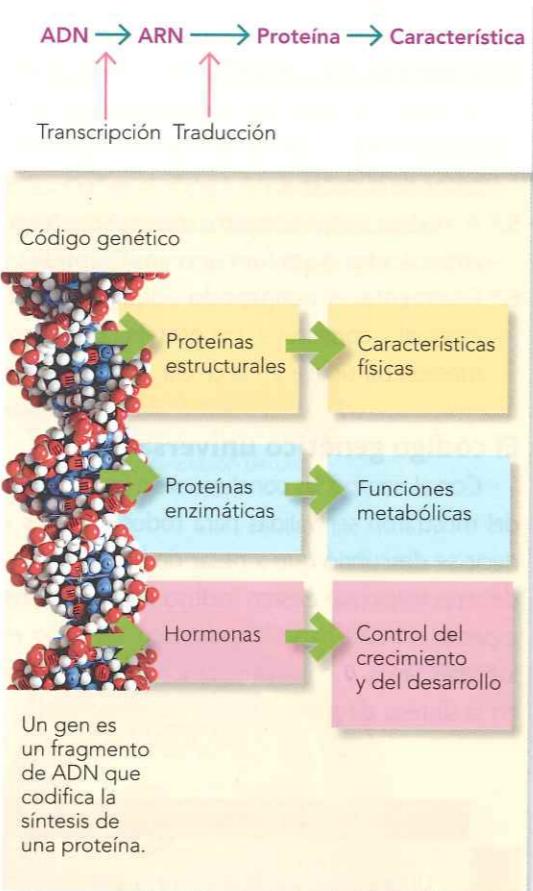
Las mutaciones pueden ocurrir durante la replicación del ADN cuando, por error, un nucleótido se cambia por otro, o se agregan o se pierden nucleótidos de la secuencia. En estos casos, la "lectura" del ADN cambia y también la proteína que se fabrica a partir del gen.

¿Las mutaciones son perjudiciales? No, pueden provocar un cambio benéfico, perjudicial o inocuo en una característica del individuo. De hecho, los *cambios que se generan en los seres vivos a partir de las mutaciones han constituido un factor esencial en el proceso de evolución*. A lo largo de la historia de los seres vivos, la acumulación de mutaciones fue responsable de la **diversidad genética**, que llevó a la aparición de nuevas características e, incluso, de nuevas especies. Justamente, el conocimiento del ADN aportó una herramienta importante para estudiar la evolución, ya que al comparar secuencias de ADN de organismos se puede establecer su relación evolutiva. También se emplean estas técnicas en la actualidad para establecer relaciones de parentesco o para reconocer a autores de crímenes donde quedaron huellas de su ADN.

Aplicación y análisis

6. Determiná si cada una de las siguientes afirmaciones referidas a las experiencias de Mendel es verdadera (V) o falsa (F) y justificá tu respuesta.
 - a) ADN / características.
 - b) Gen / proteína.
 - c) Alelo / cromosomas homólogos.
 - d) Genética / reproducción.
 - e) Caracteres hereditarios / caracteres adquiridos.
 - f) Mendel / factores.
 - g) Genotipo / fenotipo.
 - h) Mutación / evolución.

10. Analizá la figura 17-16 y redactá un texto que la explique.



▲ Fig. 17-16.

11. Teniendo en cuenta el proceso de síntesis de proteínas, explicá cómo es posible que un cambio en el ADN genere un cambio en la secuencia de la proteína fabricada.

12. La secuencia de ADN que se muestra a continuación pertenece al gen que tiene la información para fabricar una de las cadenas de la hemoglobina normal:

**GTG CAC CTG ACT CCT GAG GAG
CAC GTG GAC TGA GGA CTC CTC**

- a) Escribí la cadena de ARN mensajero (ARNm) complementaria a la hebra inferior de ADN, según la regla de apareamiento de bases que estudiaste en el capítulo 4.
- b) Utilizá la tabla del código genético (en la página 219) para traducir la información del ARNm en el lenguaje de la proteína. Escribí la secuencia de aminoácidos que forman este fragmento de la hemoglobina.
- c) La anemia falciforme es una enfermedad que se debe a un cambio en la secuencia de ADN que tiene información para la síntesis de hemoglobina. Esto provoca la aparición de hemoglobina anormal que, a su vez, provoca glóbulos rojos deformes. Observá la secuencia de ADN que figura a continuación, compárala con la secuencia normal de ADN y descubrí cuál es la diferencia entre ellas.

**GTG CAC CTG ACT CCT GTG GAG
CAC GTG GAC TGA GGA CAC CTC**

Organización de la información

13. Uní los conceptos que se encuentran en la primera columna con las definiciones respectivas de la segunda columna.
- | | |
|----|---|
| a) | Si bien todos estos conceptos están vinculados, seleccioná dos que consideres clave y armá dos grupos con los conceptos relacionados. |
| b) | Explicá cuál es la relación entre los términos de cada grupo. |
| c) | Confeccioná un mapa conceptual con cada grupo. |
| d) | Intercambiá tus mapas conceptuales con tu compañero de banco. ¿Tienen diferencias? ¿Cuáles? |

Genética	Transmisión de las características de una generación a la otra.
Gen	Variantes de un mismo gen.
Alelos	Conjunto de todos los genes y la secuencia de nucleótidos que forman los cromosomas de una célula.
Carácter dominante	Cambio casual en el ADN que podría determinar un cambio en una característica.
Carácter recesivo	Aquel que predomina en el fenotipo cuando el genotipo es heterocigota
Genotipo	Aquel que sólo se manifiesta cuando el genotipo es homocigota recesivo.
Fenotipo	Expresión de las características, visibles o no, que depende del genotipo.
Herencia	Ciencia que estudia cómo están determinadas las características en el ADN, cómo se expresan en el organismo, y cómo se transmiten de un individuo a otro.
Genoma	Fragmento de ADN que determina la síntesis de una proteína y, a través de ella, una característica del individuo.
Mutación	Tipo de genes y sus alelos que determinan las características de un individuo.
Código genético	Patrón universal de correspondencia entre secuencias de nucleótidos y los aminoácidos que constituyen las proteínas.

Opinón y debate

14. Les proponemos que se organicen en grupo y discutan qué piensan acerca de las siguientes ideas a partir de los conceptos que aprendieron en este capítulo. Justifiquen sus ideas, y luego expongan sus conclusiones al resto de la clase.
 - La habilidad para hacer deportes es una característica hereditaria.
 - La capacidad de leer y escribir está determinada genéticamente.
 - Una persona que hereda la predisposición genética a padecer una determinada enfermedad no necesariamente padecerá ese mal.
 - El color de la piel es un rasgo hereditario, en tanto que el tono que toma la piel expuesta al Sol es una característica adquirida.

Capítulo 18

Biotecnología

ayer



Bacterias aliadas de la humanidad. Muchas veces sin saberlo, y otras con gran ingenio, el hombre utilizó otros seres vivos para sus actividades cotidianas. La agricultura, la domesticación de animales y el mejoramiento de los cultivos son ejemplos de esta relación que comenzó hace miles de años. Actividades tan antiguas como la producción de vino, cerveza, queso, pan y yogur involucran microorganismos que el hombre desconocía en esa época. Esto comenzó a cambiar a partir del siglo XVII cuando se descubrió la existencia de los microbios, y con el inicio de la genética a mediados del siglo XX.

Desde Mendel y hasta 1940, el conocimiento de la genética provenía de las investigaciones sobre plantas y animales, pero no se sabía si estos resultados se podían aplicar a los microorganismos. En 1944, el médico canadiense Oswald Avery, con su equipo de investigadores, encontró que el material genético de un tipo de neumococo (bacteria que causa neumonía en los humanos) podía transferir una característica hereditaria a otro tipo de neumococo. Entonces propuso que el ADN era el medio a través del cual la bacteria transmitía sus características. Pero esta explicación fue recibida con escepticismo. A mediados del siglo XX, y con los aportes de los científicos Watson y Crick acerca de la estructura del ADN, la comunidad científica aceptó que el ADN era el material genético. Desde entonces, el avance en la biología a nivel molecular fue maratónico. Los científicos comenzaron a buscar la forma de aislar los genes, de analizarlos y hasta de transferirlos de un organismo a otro. ¿Qué pasaría si se tomara un gen humano y se insertara en el ADN bacteriano? La respuesta llegó en la década de 1970, cuando bioquímicos estadounidenses desarrollaron una molécula de ADN bacteriano combinado con ADN humano. Al insertar este ADN modificado en las bacterias, estos microorganismos se convertían en minúsculas biofábricas productoras de proteínas humanas. La insulina humana fue el primer caso de una proteína producida por estas técnicas y aprobada para usarla en los humanos en 1982.



▲ Fig. 18-2. Los fermentadores son grandes tanques donde se produce la fermentación en presencia de microorganismos para la elaboración de alimentos.



La biotecnología también juega en el Mundial

→ hoy

Es una enorme ventaja que un laboratorio argentino esté produciendo leche con la hormona que le permitió crecer a Lionel Messi.

"Muchos conocen la historia de Lionel Messi, quien a los 13 años presentaba una estatura inferior al promedio [...]. Se le diagnosticaron problemas de retraso en su crecimiento y [...] emigró a España donde fue tratado con la hormona del crecimiento humano (*rhGH, human Growth Hormone*).

La hormona del crecimiento humano se produce en la hipófisis humana y estimula la síntesis de proteínas, favoreciendo así el desarrollo de los músculos y huesos [...].

[...] Hasta mediados de los años ochenta, los tratamientos empleaban exclusivamente un tipo de hormona humana biológicamente activa. Ésta era extraída de la hipófisis de cadáveres, por lo que, además de muy costosa, era extremadamente difícil de conseguir. Este procedimiento se siguió empleando hasta 1985, año en el que se descubrió la relación que había entre las muertes a causa de la enfermedad de Creutzfeldt-Jacob (una enfermedad del cerebro, que provoca locura y muerte) y la hormona extraída de cadáveres

humanos. Por tal motivo, se decidió retirar progresivamente del mercado el producto y, hoy en día, es imposible conseguir hormona extraída de cadáveres humanos. En sustitución, se comenzó a producir biotecnológicamente la hormona del crecimiento, empleando la técnica de ADN recombinante (*rhGH*). Ésta consiste en introducir el gen que produce la hormona del crecimiento humano [...] en bacterias como la *Escherichia coli* o en cultivos de células de mamíferos. La hormona es luego purificada y comercializada mundialmente por múltiples laboratorios [...].

[...] Muchos niños-adolescentes afectados por problemas del crecimiento no tienen la suerte de un diagnóstico a tiempo ni la posibilidad de poder comprar o conseguir la hormona por su elevado costo. Este panorama podría cambiar a raíz de que recientemente un laboratorio argentino pudo, mediante técnicas de clonación, obtener vacas transgénicas, en cuya leche está presente la hormona del crecimiento. En el futuro, esto permitiría proveer al mercado de una cantidad suficiente de este recurso con precios sensiblemente menores que los barajados en la actualidad. Afortunadamente, en el caso de Lionel Messi su fútbol le brindó la oportunidad de iniciar y completar el tratamiento con la *rhGH* y así alcanzar su actual altura [...].



▲ Fig. 18-3. Lionel Messi.



Fuente: Clarín,
Buenos Aires,
14 de junio
de 2006.



1. Respondé las preguntas teniendo en cuenta la información de "ayer" y de "hoy".

- ¿Cuáles fueron algunos de los acontecimientos científicos que debieron ocurrir hasta llegar a emplear la técnica de ADN recombinante (combinación de ADN de dos organismos)?
- ¿Cómo actúa la hormona del crecimiento?
- ¿Cómo se obtenía hasta 1985 la hormona del crecimiento y por qué se cambió esta técnica?
- ¿Cómo se produce actualmente la hormona del crecimiento?
- ¿Cuál es el desarrollo argentino que permitiría obtener grandes cantidades de la hormona del crecimiento humano en un futuro?
- ¿Creés que la biotecnología está presente en tu vida cotidiana? Mencioná algunos productos que derivan de procesos biotecnológicos y que estarán presentes en tu vida cotidiana.

222

S V

Capítulo 18

La biotecnología tradicional y la moderna

¿Qué es la biotecnología, esta palabra que se escucha cada vez más y que, incluso, se ha relacionado con el fútbol mundial? En un sentido muy amplio la **biotecnología** se define como *el empleo de seres vivos o sus componentes para la obtención de un bien o un servicio útil para el hombre*. Entonces, si se toma en cuenta esta definición, la biotecnología abarca actividades tan variadas como la fabricación del yogur, en la que intervienen bacterias, la elaboración del pan en la que participan levaduras, y aspectos más novedosos como el empleo de bacterias para la obtención de la hormona del crecimiento, como leíste en la apertura del capítulo. De hecho, la biotecnología abarca todo eso y mucho más.

Sin embargo, para comprender mejor el tema conviene hacer una distinción entre la **biotecnología tradicional**, que se aplica hace miles de años, y la **biotecnología moderna**, que comenzó hacia 1970, aproximadamente. Ambas áreas de la biotecnología conviven y se complementan en la actualidad.



▲ Fig. 18-4. Los lácteos contienen bacterias fermentadoras y probióticas.



▲ Fig. 18-5. Los jabones para la ropa contienen enzimas microbianas (proteasas, lipasas, amilasas, etc.), que degradan los componentes de las manchas.

La definición más amplia que ya mencionamos corresponde a la biotecnología tradicional. Ésta se aplica a procesos y productos que empleamos cotidianamente, como alimentos, ropa, plásticos, detergentes y medicamentos. En estos productos, entonces, intervienen microorganismos o algunos de sus productos metabólicos:

- **Lácteos "bio":** muchos de los productos lácteos que se consumen en la actualidad contienen, además de los cultivos de bacterias responsables de la fermentación láctica, otros microorganismos denominados **probióticos** (figura 18-4). Estos microbios son beneficiosos para la salud ya que se integran a la flora microbiana intestinal y constituyen un mecanismo de defensa contra bacterias potencialmente patógenas.
- **Enzimas:** el uso de polvos o líquidos detergentes con enzimas se utiliza para el lavado de la ropa (figura 18-5) y la vajilla; en la industria textil, para ablandar telas como el *jean*, y en la industria papeleira para producir papeles de diferente textura, entre otras. Las enzimas usadas en la industria son manufacturadas a gran escala a través de la fermentación producida por bacterias u hongos comunes.
- **Antibióticos:** son moléculas con actividad antimicrobiana. Originalmente, se obtuvieron como parte del metabolismo de hongos y bacterias, por lo que se consideran la primera aplicación de la biotecnología a la industria farmacéutica. Los antibióticos denominados "semisintéticos" son extraídos de microbios y luego mejorados en el laboratorio.
- **Endulzantes:** el jarabe de alta fructosa deriva del almidón de maíz tratado con enzimas que provienen de microorganismos. El resultado es un jarabe tan dulce como el azúcar común, que se emplea en copos y barras de cereales, gaseosas, jugos de frutas, galletitas, snacks, helados, chocolates, cacao en polvo, postres instantáneos, jaleas y mermeladas, etcétera.
- **Bioetanol:** es un alcohol que se usa como combustible. Se produce principalmente a partir de la caña de azúcar o maíz, cuyos hidratos de carbono se convierten, por fermentación, en etanol, por acción de las levaduras del género *Saccharomyces*.

2. A partir de lo que estudiaste acerca de las defensas del organismo, explicá qué función cumplen los probióticos en el intestino.
3. Entre las enzimas que se usan en los jabones en polvo se encuentran las lipasas, proteasas y amilasas. ¿Qué función cumple cada tipo de enzima en la limpieza? ¿Qué función tienen esas mismas enzimas en el proceso digestivo?



Fermentación:
capítulo 5.
Enzimas:
capítulos 4 y 5.
Defensas del
organismo:
capítulo 14.



Genética y
herencia:
capítulo 17.

De la información de las páginas anteriores es posible concluir que durante miles de años los seres humanos han practicado la biotecnología de manera empírica, sin conocer sus fundamentos científicos. Pero, a medida que los investigadores conocieron más acerca de los seres vivos, la biotecnología fue incorporando nuevas técnicas. Uno de los descubrimientos fundamentales fue el conocimiento de la estructura del ADN, su función y el mecanismo de la herencia. A partir de este hecho se pudo conocer que todos los organismos tienen un **código genético común** que puede ser interpretado y traducido por las células de otros organismos.

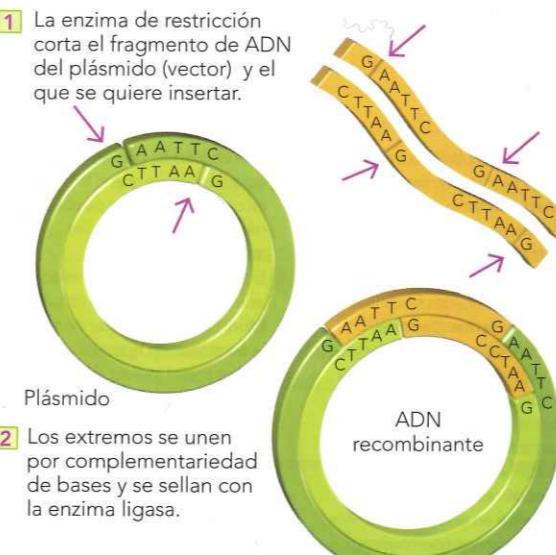
C Explicá por qué creés que este descubrimiento fue fundamental para el avance de la biotecnología.

Incluso bien avanzado el siglo XX, cuando se había resuelto el "misterio" de la herencia, las posibilidades que había para actuar sobre el ADN eran limitadas. Se practicaban cruzamientos entre plantas y animales de la misma especie, se seleccionaban los individuos con rasgos deseados o se provocaban mutaciones, con la búsqueda de alguna variante que surgiera azarosamente y que fuera de interés.

La biotecnología moderna

En la década de 1970 se desarrolló un conjunto de técnicas de laboratorio que, por primera vez, permitió modificar el ADN de acuerdo con diseños previos y objetivos concretos. Estas técnicas constituyen la **ingeniería genética** o **tecnología del ADN recombinante**, que permite cortar y empalmar genes o fragmentos de ADN de organismos distintos, creando nuevas combinaciones que se insertan en seres vivos diferentes. Los organismos resultantes se

1 La enzima de restricción corta el fragmento de ADN del plásmido (vector) y el que se quiere insertar.



▲ Fig. 18-6. Formación de un plásmido recombinante (molécula circular de ADN presente en el citoplasma de ciertas bacterias). Los plásmidos se utilizan como vectores para transferir genes.

denominan **organismos genéticamente modificados (OGM)** o **transgénicos**.

C Relacioná en una frase los conceptos "transgénico" y "ADN recombinante".

La obtención de OGM fue posible debido al descubrimiento, en virus y bacterias, de las **enzimas de restricción** que sirven como herramientas para la ingeniería genética. Como muestra la figura 18-6, estas enzimas cortan el ADN en zonas específicas de la molécula que constan de 4 a 8 pares de bases. Así, conociendo la secuencia de un fragmento de ADN es posible cortarlo y aislarlo del genoma original para insertarlo en otra molécula de ADN de otro organismo. ¿Por qué creés que es importante que ambos fragmentos que se quieren unir estén cortados por el mismo tipo de enzima de restricción? De esta manera, los extremos que quedan libres son complementarios y se pueden unir con ayuda de la enzima **ligasa**.

En resumen, a partir del ADN recombinante se puede fabricar una **proteína recombinante** y obtener organismos con nuevas características que resulten beneficiosas para el consumidor, el productor y/o la industria.

C Explicá en tu carpeta cuáles creés que son las ventajas de la biotecnología moderna frente a la tradicional. Al terminar el capítulo revisá tu respuesta.

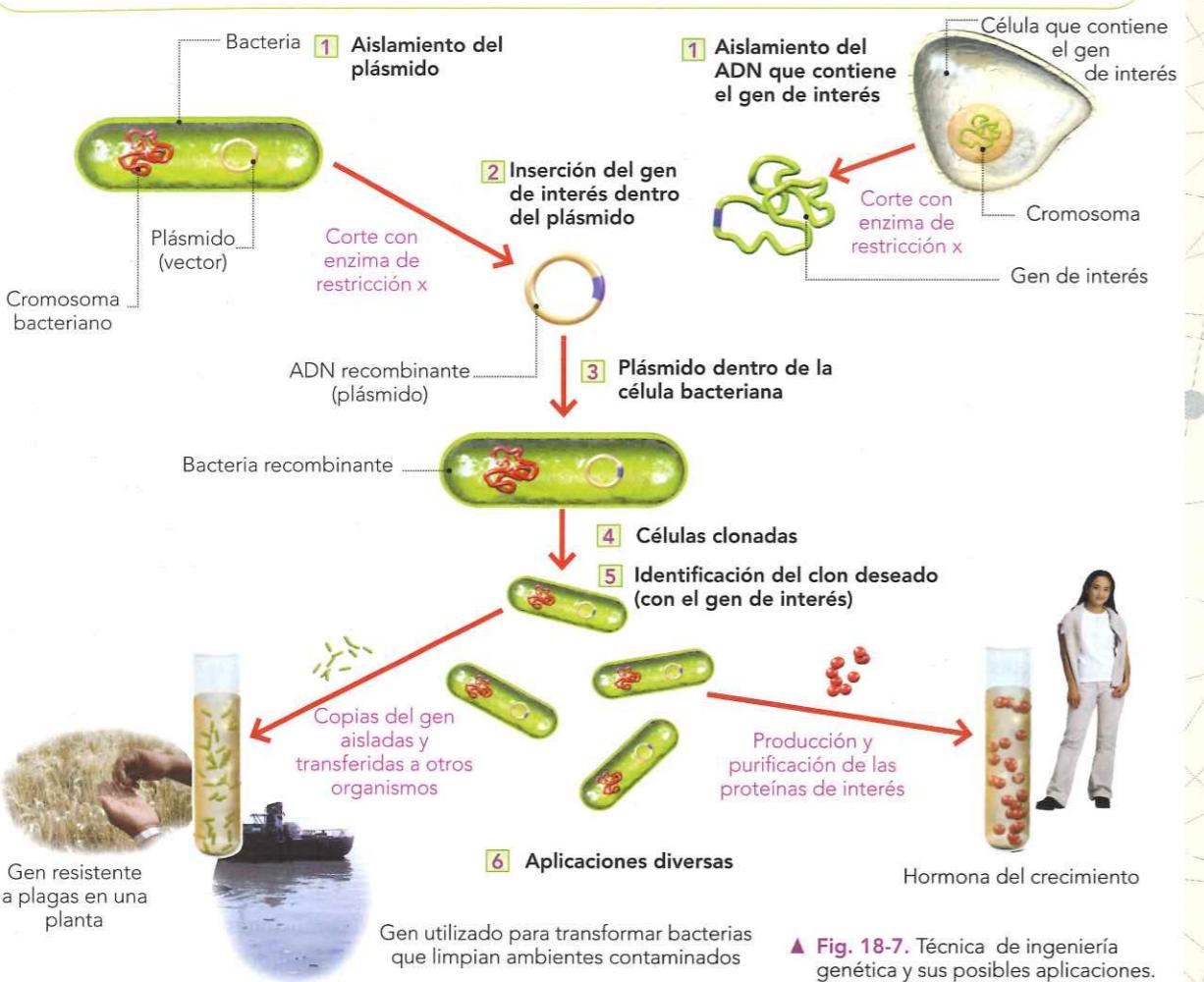
Por lo tanto, la **biotecnología moderna** es *el empleo de organismos vivos para la obtención de un bien o un servicio útil, mediante técnicas de ingeniería genética que permiten obtener proteínas recombinantes (hormonas, enzimas, etc.), mejorar vegetales, animales y otros organismos que tienen diversas aplicaciones ambientales, farmacéuticas e industriales*.

profundización

Lavar la ropa en condiciones extremas. Los **extremófilos** son organismos que habitan en condiciones extremas: altas o bajas temperaturas, altas concentraciones salinas, pH ácido, etc. En la actualidad, se han convertido en fuentes de enzimas para las industrias. Por ejemplo, los jabones para la ropa de uso hogareño emplean enzimas que quitan manchas a baja temperatura, mientras que la esterilización de la ropa usada en los quirófanos necesita un jabón que actúe a altas temperaturas. La industria del cuero y de las pieles requiere enzimas que degraden proteínas de la piel de los animales en condiciones de alta salinidad. En cada caso se emplean enzimas de diferentes extremófilos. En sus comienzos, las enzimas se extraían directamente de los organismos. Hoy en día se obtienen a escala industrial en microorganismos recombinantes, que fueron transformados con el gen del extremófilo para que sobreproduzcan la enzima de interés.

"Receta" básica de un experimento de ingeniería genética

La figura 18-7 representa en qué consiste, de manera general, la técnica de ingeniería genética. En este caso se obtienen bacterias recombinantes que contienen un nuevo gen extraído de otro organismo, que codifica para una proteína de interés. Esta proteína, según el gen insertado, puede tener aplicaciones en diferentes actividades humanas (salud, agricultura, ambiente, etcétera).



1 La experiencia comienza con el ADN que se desea aislar y estudiar. Para esto, se debe identificar un carácter deseable en el organismo de origen y encontrar el gen responsable del carácter deseado (**gen de interés**), aislarlo, purificarlo de otros componentes celulares, y caracterizarlo, o sea conocer su secuencia de nucleótidos.

2 Se combina el gen con otros componentes que actúan en su activación y expresión, y "marcadores" que permitirán identificar la presencia del gen en el organismo receptor dentro del "vehículo" o **vector** que lo transportará al organismo receptor y lo replicará. Los vectores son **plásmidos**, moléculas de ADN con capacidad de

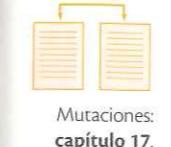
replicarse o de insertarse en el ADN del organismo que será transformado. Se corta por separado el ADN del organismo que se estudiará y el ADN del vector con la misma enzima de restricción, de modo que se generan extremos compatibles entre sí (con bases complementarias).

3 Se transfiere el gen de interés, ahora inserto en el vector, al organismo receptor. En el caso de bacterias se recurre a una técnica sencilla denominada **transformación**, que permite la entrada del ADN a través de la membrana del microorganismo.

4 Se juntan ambos fragmentos de ADN y se les añade la enzima ligasa. De esta forma se genera una **molécula híbrida o recombinante**, es decir que

combinan ADN de dos individuos. En este caso, se obtiene la **bacteria recombinante**, que contiene en su ADN un gen de otro individuo y que se multiplica (**célula clonada**). Las células modificadas se cultivan dentro de **fermentadores**, enormes tanques que albergan las condiciones óptimas para la multiplicación celular.

5 El plásmido contiene además "marcadores", que son genes que confieren algún rasgo que se puede rastrear o seleccionar fácilmente en el laboratorio. Por ejemplo, genes que confieren resistencia a algún antibiótico. Al añadir al medio de cultivo el antibiótico para el cual el vector ofrece resistencia, se eliminan aquellas células que no tengan el vector (y, por lo tanto, el



Biotecnología y mejoramiento de cultivos

Como se muestra en la figura 18-7, una de las aplicaciones de la biotecnología moderna es el mejoramiento genético de plantas. Sin embargo, éste no es un hecho nuevo. Desde hace 10 mil años, con el comienzo de la agricultura, los seres humanos transforman genéticamente los cultivos con el objetivo de obtener plantas más ricas, vistosas, digeribles, etc. Claro que, antes de conocer los fundamentos genéticos, nadie comprendía que al cruzar dos plantas, como hizo Mendel, las estaba transformando genéticamente. A través de estos cruzamientos se mezclan genes de plantas que presentan diferentes variantes para una misma característica, como el tamaño del choclo, por ejemplo. El híbrido que resulta tiene una combinación azarosa de los rasgos de los progenitores. De la diversidad obtenida, el agricultor selecciona el que más le conviene y lo vuelve a cruzar, y así sucesivamente hasta obtener la variante deseada. De este modo se generan también tomates larga vida, frutos sin semilla, flores más coloridas, entre otras.

c) ¿Qué son las mutaciones? ¿Qué consecuencias pueden ocasionar? ¿Cómo creés que se puede relacionar esto con la biotecnología?

A mediados del siglo XX se desarrollaron otras técnicas para el mejoramiento vegetal que, se basan en **mutaciones** al azar, mediante rayos gamma o sustancias químicas específicas. Estas técnicas se denominan **mutagénesis**. La idea inicial, que luego fue corroborada,

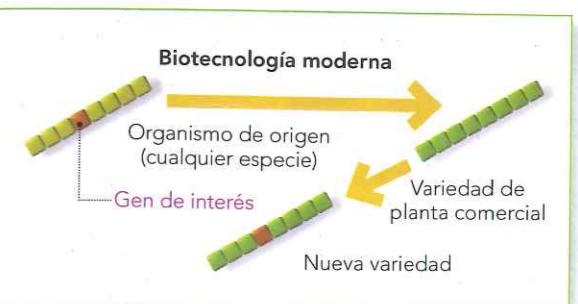
era que algunos de los cambios genéticos producidos al azar serían beneficiosos para los fines del agricultor. Actualmente es posible afirmar que centenares de variedades cultivadas se han obtenido usando métodos tradicionales de mejora, cruzamientos y mutagénesis.

Las técnicas tradicionales mezclaron durante varios años miles y miles de genes y muchas generaciones de plantas con el fin de obtener una característica deseada. La biotecnología moderna acelera el proceso permitiendo tomar solamente los genes deseados de una planta, y eliminar gran parte del azar presente en el mejoramiento tradicional. Como muestra la figura 18-8, en la biotecnología moderna, a diferencia de la tradicional:

- Los genes que se van a incorporar pueden provenir de cualquier especie, emparentada o no (por ejemplo, un gen de una bacteria puede incorporarse al genoma de la soja).
- En la planta mejorada genéticamente se puede introducir un único gen nuevo preservando en su descendencia el resto de los genes de la planta original.
- Este proceso de modificación demora menos tiempo que el necesario para mejorar por cruzamiento y permite modificar propiedades de manera más precisa y controlada.
- Mediante el cruzamiento tradicional se genera un híbrido que combina al azar genes de ambos progenitores, entre ellos el gen de interés. La planta transgénica generada por la biotecnología moderna sólo difiere de la original en un gen, introducido de manera precisa y dirigida.

c) 4. Analizá la figura 18-8 y respondé.

- ¿Qué representan las cadenas dibujadas en el esquema?
- Por qué se representan estas cadenas de diferente color (verde y amarillo)?
- ¿Qué representa el eslabón pintado de color rojo?
- Observá las flechas empleadas en ambos esquemas. ¿Qué diferencia hay entre ambos y a qué se atribuye?
- ¿Cuál es la principal diferencia entre las nuevas variedades obtenidas en ambos casos?



Fuente: ArgenBio. Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología [portal en línea] www.argenbio.org

▲ Fig. 18-8. Biotecnología tradicional versus biotecnología moderna.

Cultivos transgénicos en la Argentina

Los cultivos transgénicos autorizados en la Argentina, hasta el momento, son el **maíz**, el **algodón** y la **soja**. En el cuadro 18-1 se especifica el rasgo introducido en cada caso por la ingeniería genética.

- Los cultivos tolerantes a herbicidas se obtienen al insertarle a la planta un gen extraído de una bacteria que codifica para la síntesis de una enzima no afectada por el herbicida glifosato. Por lo tanto, al expresar este gen, la planta sobrevive a su aplicación, mientras que las malezas carentes del gen se mueren.
- Los cultivos resistentes a insectos contienen un gen de una bacteria; éste les permite sintetizar una proteína que mata al insecto que se alimenta de sus hojas.

Durante el período 2005/2006, en la Argentina, prácticamente el 100% de la superficie de soja fue sembrada con soja tolerante al herbicida glifosato, mientras que el maíz y el algodón transgénicos ocuparon casi el 70 y el 60% del área destinada a esos cultivos, respectivamente (figura 18-9). La Argentina es actualmente el segundo país productor de transgénicos, después de los Estados Unidos.

Hoy en día se están desarrollando en todo el mundo cultivos transgénicos con otras características, entre ellas:

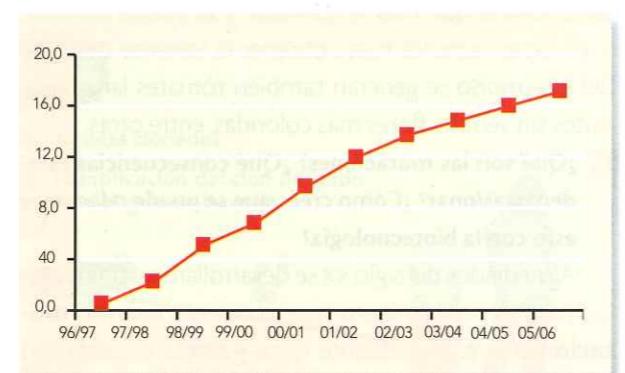
- resistencia a enfermedades y plagas;
- tolerancia al estrés abiótico (sequía, heladas, salinidad, etcétera);
- mayor rendimiento (arroz, soja, maíz);
- maduración retardada del fruto;
- plantas en las que se eliminan o disminuyen alérgenos o toxinas;
- plantas con mayor proporción de nutrientes y vitaminas.

Cultivo	Característica introducida
Soja	• Tolerancia al herbicida glifosato
Maíz	• Resistencia a insectos • Tolerancia al herbicida glifosato • Tolerancia al herbicida glufosinato de amonio
Algodón	• Resistencia a insectos • Tolerancia al herbicida glifosato

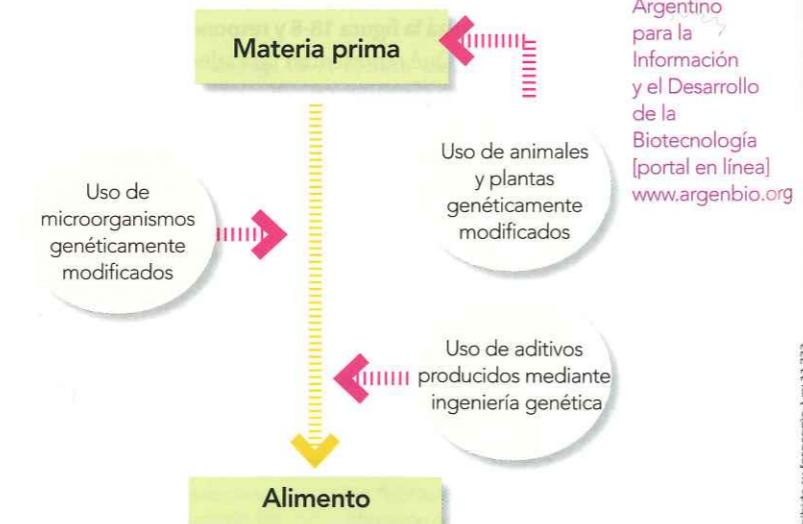
▲ Cuadro 18-1. Rasgo introducido en cada caso por la ingeniería genética.

Los alimentos transgénicos

Cuando se habla de **alimentos transgénicos** no sólo se hace referencia a las plantas transgénicas que sirven de alimento. Como muestra la figura 18-10, la biotecnología se puede aplicar en cualquiera de los puntos de la cadena de producción, sea en la obtención de materia prima, durante su proceso, o en el producto final. Por ejemplo, se pueden modificar genéticamente los microorganismos que participan en la fermentación (bacterias o levaduras) y producir nuevos alimentos o bebidas fermentadas. También se pueden producir aditivos (edulcorantes, colorantes, saborizantes, enzimas, conservantes) en organismos modificados genéticamente, o enzimas que mejoran las propiedades de los alimentos (como la textura del pan, o el aroma de los vinos, entre otros).



▲ Fig. 18-9. Evolución de la superficie total de OGM en la Argentina (en millones de hectáreas).



▲ Fig. 18-10. En muchos alimentos que ingerimos se emplean enzimas y aditivos obtenidos de microorganismos transgénicos.

Biotecnología y salud

En las primeras páginas de este capítulo mencionamos algunos ejemplos concretos sobre las aplicaciones de la biotecnología moderna en el área de la salud. ¿Los recordás? También citamos ejemplos en la apertura del capítulo 15. ¿Qué mencionamos en ese caso?

Desde la década de 1980 se investiga el desarrollo de nuevas vacunas producidas por la ingeniería genética. Son las **vacunas recombinantes**. Entre ellas, en la actualidad se emplea la vacuna recombinante contra la **hepatitis B**. Una forma de producirla es clonar en bacterias o levaduras el gen que codifica para la proteína antigénica (que estimula la respuesta inmune) y, como muestra la figura 18-11, luego se aísla el producto que se inyecta en el organismo. Así se desencadena la respuesta inmune y se previene la enfermedad. La ventaja de este tipo de vacunas es que se inyecta directamente la proteína antigénica pura y se evita tanto la manipulación en el laboratorio como el suministro del organismo patógeno completo.

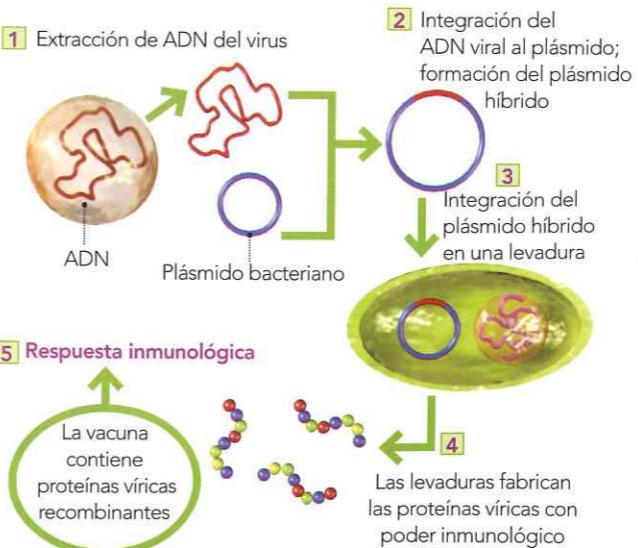
La obtención de animales transgénicos también puede tener aplicación en la salud. Desde 1980 se producen ratones transgénicos que se utilizan como herramientas de laboratorio para estudiar genes o como modelos de enfermedades para el desarrollo de fármacos y estrategias de tratamiento. En la actualidad es posible obtener animales transgénicos de mayor tamaño, como ovejas y vacas. Aunque aún no se aplican a sectores de la producción, existen desarrollos en marcha y la Argentina es uno de los países que lidera en este sector. Una empresa biotecnológica argentina ha obtenido, desde 2002, terneros transgénicos que producen en su leche la hormona del crecimiento

humano que mencionamos en la apertura del capítulo. La producción de medicamentos en la leche de animales es interesante ya que se puede obtener una gran cantidad de producto.

Biotecnología y ambiente

La biotecnología también puede resolver problemas de contaminación. Este proceso, denominado **biorremediación**, se basa en la utilización de seres vivos (microorganismos y plantas) o sus enzimas para degradar compuestos contaminantes y transformarlos en menos tóxicos o inocuos. Los seres vivos empleados y sus productos pueden ser transgénicos o no, como representa la figura 18-12.

Otra aplicación de la biotecnología, tanto la tradicional como la moderna, al ambiente es la producción de **biocombustibles** (bioetanol, biodiesel, biogás). A diferencia de los combustibles fósiles –petróleo, carbón, gas natural–, que se formaron hace millones de años a partir de los restos de organismos del pasado, los biocombustibles provienen de la materia que constituye los seres vivos (por ejemplo, a partir de la caña de azúcar, de maíz, de los desechos agrícolas, o de animales, entre otros), un recurso renovable pues su producción es mucho más rápida que la formación de combustibles fósiles. La biotecnología moderna puede contribuir de manera significativa al desarrollo de los biocombustibles reduciendo los costos de la producción de cultivos que pueden emplearse como fuente de biocombustibles, y aumentando el potencial de producción de combustibles, que son más limpios para el ambiente que los derivados del petróleo o el carbón.



▲ Fig. 18-11. Producción de una vacuna por ingeniería genética.

Degradación enzimática

Empleo de enzimas en el sitio contaminado con el fin de degradar sustancias nocivas. Las enzimas se obtienen en cantidades industriales de microorganismos que las producen naturalmente o se extraen de bacterias modificadas genéticamente.

Biorremediación

Empleo de seres vivos o sus productos para la limpieza de ambientes contaminados

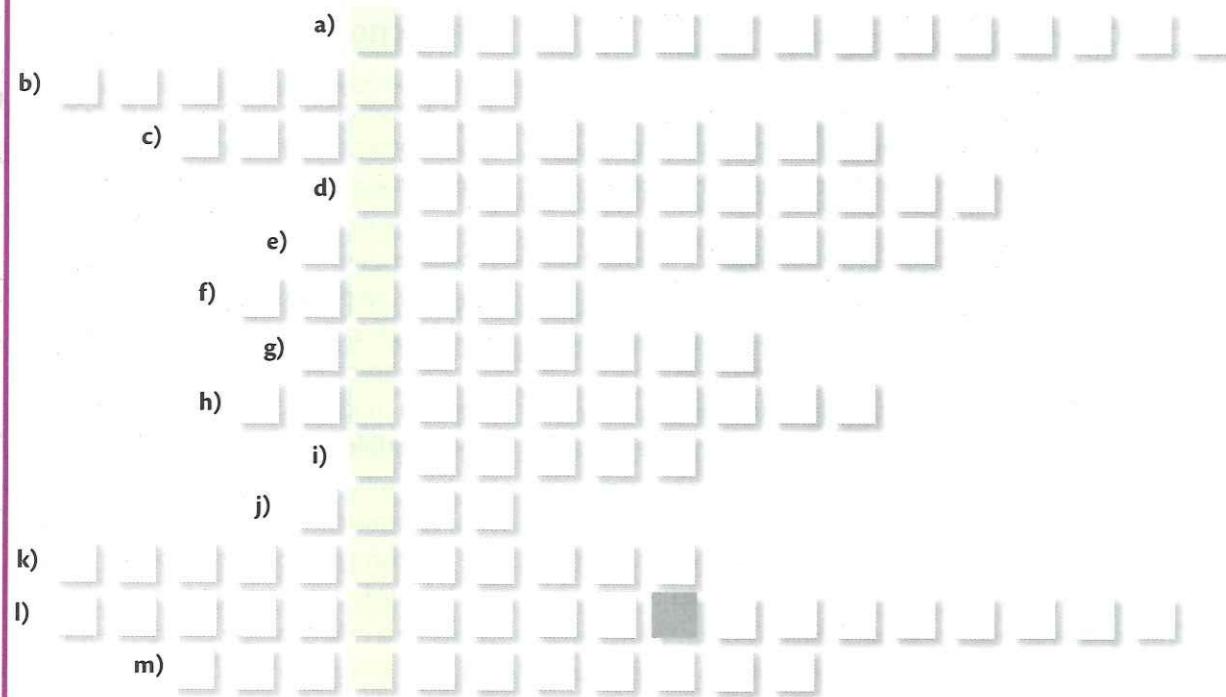
Se usan microorganismos en el foco de contaminación que convierten los compuestos en menos tóxicos o inocuos. Pueden ser microorganismos autóctonos o agregados, transgénicos o no.

Fotorremediación

Se utilizan plantas para limpiar ambientes contaminados. Algunas convierten los productos en inocuos o volátiles. Otras los acumulan, luego se recogen y queman.

Aplicación y análisis

5. Completá el siguiente acróstico a partir de las definiciones dadas. Una vez finalizado, definí el término que se forma en la columna resaltada.

**Referencias**

- Proceso en el que se emplean seres vivos o sus productos para limpiar el ambiente contaminado.
- Molécula circular de ADN bacteriano que se usa como vehículo de transferencia de material genético.
- Nombre dado al ADN que resulta de la combinación del material genético de dos organismos, y también a la proteína que se forma a partir de él.
- Biotecnología que se basa en cruzamientos y mutagénesis para la transformación genética.
- (Enzimas de...) Enzimas que cortan ADN.
- "Vehículo" para el transporte del ADN que se desea transferir de un organismo a otro.
- Primera hormona humana fabricada en bacterias a partir del ADN recombinante.
- Cultivos de bacterias que se adicionan a productos lácteos y que tienen funciones beneficiosas para la defensa del organismo.
- Enzima que une fragmentos de ADN.
- Principal cultivo transgénico que se cultiva en la Argentina.
- Organismo modificado genéticamente.
- Técnicas que emplea la biotecnología moderna y por las cuales se corta y se pegan fragmentos de ADN.
- Técnica mediante la cual se provocan mutaciones al azar en el ADN a través de radiación o de productos químicos.



▲ Fig. 18-13.

Organización de la información

7. Armá un mapa conceptual utilizando todos los términos que completan el crucigrama de la actividad 5.

- ¿Lograste encontrar la relación entre todos los conceptos? Si no es así, ¿por qué te parece que no pudiste resolverlo?
- ¿Creés que para que el mapa conceptual quede completo deberías incluir otros conceptos? Armá un listado con esos conceptos y luego confeccioná otro mapa conceptual que los incluya.
- Conversá con tus compañeros sobre cuáles creen que son las ventajas de poder presentar la información mediante este tipo de esquemas. ¿Existen desventajas? ¿Cuáles?

Investigación

8. Leé y analizá la siguiente novedad en biotecnología y respondé las preguntas formuladas.

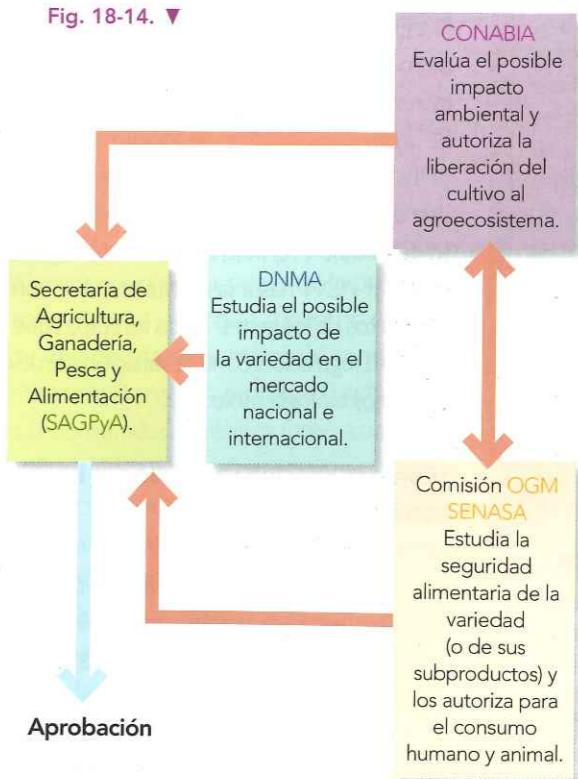
La introducción de cultivos y alimentos transgénicos (que poseen genes transferidos de otros organismos) ha generado una serie de interrogantes acerca de posibles consecuencias negativas. Algunos grupos preocupados por estas nuevas tecnologías se han manifestado a través de campañas, manifestaciones, y acciones en instituciones donde se investigan o comercializan los productos transgénicos o sus derivados. Las principales objeciones a los cultivos transgénicos se basan en el posible daño a la salud humana y al ambiente. Las preocupaciones rondan en torno a la alergenicidad del alimento modificado, la ingesta de ADN extraño y la posible modificación de la calidad del alimento. Respecto del daño al medio ambiente, los argumentos opositores se basan en el posible flujo de genes desde los cultivos transgénicos a otras plantas, la filtración de proteínas transgénicas en el suelo y el uso de nuevos plaguicidas (menos tóxicos?).

Desde el ámbito científico se asegura que los cultivos genéticamente modificados autorizados para su comercialización producen alimentos seguros para el consumo humano y animal. Se han estudiado cuidadosamente y cumplen con las normas de seguridad ambiental y alimentaria establecidas en Argentina por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGPyA) y sus comités científicos asesores, así como por las autoridades correspondientes en los países donde están aprobados. En Argentina, se estudia la bioseguridad alimentaria de los cultivos o sus subproductos, los posibles impactos ambientales

del cultivo y los efectos de su comercialización. Se evalúa también que la modificación genética no haya afectado la inocuidad o el valor nutricional del alimento. Se ha demostrado que no existen peligros de toxicidad o alergenicidad especialmente relacionados con la presencia de material genético en los transgénicos.

- Habitualmente ingerimos material genético presente en los productos que componen nuestra dieta (animales y vegetales). ¿Qué sucede con esas sustancias en el sistema digestivo y cómo las aprovecha el organismo?
- ¿Cuál es el material que se transfiere de un organismo a otro al transformar un organismo transgénico? ¿Qué supones que sucederá con ese material dentro del organismo que lo ingiere?
- Averiguá cuáles son los argumentos en contra de los productos transgénicos y cuáles son las principales organizaciones que los sustentan?
- Analizá la figura 18-14 que representa el proceso para la aprobación de un cultivo transgénico en la Argentina. Investiga qué Comisiones y Secretarías intervienen, cuál es la función de cada una, y quién aprueba y autoriza finalmente la comercialización de un cultivo transgénico.

Fig. 18-14. ▼



Fuente: ArgenBio. Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología [portal en línea] www.argenbio.org

Hablemos sobre biotecnología

La vocación del Dr. Alberto Kornblihtt se despertó en 4º año del secundario, cuando cursaba Botánica. Su profesora enseñaba distintos temas de biología y, según sus propias palabras, "...fue maravillosa, nos hacía pensar, ir a los libros, razonar, no conformarnos con lo que veíamos a simple vista, sino indagar sobre lo que estaba detrás de las cosas y las observaciones. Ahí me dije que quería seguir la licenciatura en Ciencias biológicas". Despues de estudiar y doctorarse en el país realizó un posdoctorado en Inglaterra donde terminó de definir su vocación: la biología molecular.

Para saber a qué se dedica un biólogo molecular entrevistamos a este reconocido investigador argentino, Alberto Kornblihtt, quien respondió todas las preguntas que le formulamos con respecto a algunos temas de interés de esta disciplina científica que está cambiando el mundo.

La biología molecular y la ingeniería genética ¿se ocupan de lo mismo?

No. La ingeniería genética comprende una serie de metodologías y técnicas que se utilizan para clonar, estudiar, aislar e introducir genes dentro de organismos distintos de aquellos de los cuales se los aisló. La biología molecular, en cambio, es una disciplina científica en sí misma, cuyo objeto de estudio es el flujo de información genética desde el ADN hasta las proteínas, que son los productos de los genes. Todas las etapas que implican su regulación, control, variación, son lo que llamamos biología molecular.

¿Cómo se relacionan ambas con la biotecnología?

La biotecnología moderna incluye la posibilidad de modificar a los seres vivos a través de la ingeniería genética, y la biología molecular es la disciplina científica que abarca todos estos conceptos.

Un logro fundamental de la biotecnología fue descifrar los misterios del genoma humano y de otras especies. Pero ¿qué es el genoma?

En las bacterias se lo podría definir como el conjunto de genes, pero esto no es correcto para



Dr. Alberto Kornblihtt

los humanos y los demás mamíferos. En ellos el genoma está formado por una porción que son genes, que no supera el 30%, y el 70% restante no son genes sino secuencias de ADN ubicadas entre dos genes. Estas secuencias se llaman intergénicas. Entonces, la definición correcta y moderna de genoma es todo el ADN de una célula de una especie y los genes que ésta contiene.

¿Por qué resulta tan importante conocer la secuencia de un genoma y cuál es su utilidad?

Tiene muchísimas aplicaciones, porque al identificar los genes podemos saber cómo se regula su expresión en condiciones fisiológicas y patológicas; podemos aprovecharlos para diseñar medicamentos, y para establecer diagnósticos, en el caso del genoma humano. Y también para aislar genes que puedan ser trasplantados a otras especies y que les confieran propiedades biotecnológicas de gran valor. Esto último en especies diferentes del hombre. Es un conocimiento que tiene múltiples aplicaciones, aunque aún no lo hemos completado. Porque por más que conocemos la secuencia del genoma humano, no tenemos "anotados" todos los genes humanos. Son aproximadamente 25.000 y habría anotados o identificados como tales unos 10 a 12.000.

Entonces, si todos los perros tienen el mismo genoma, ¿cómo se explican las diferencias tan notorias entre las razas?

En realidad, los perros pertenecen a la misma especie pero su genoma no es igual en todos sino

que hay diferencias alélicas. En las células somáticas, cada gen se encuentra de a pares, porque existen dos juegos de cromosomas, uno que proviene del padre y otro de la madre. Entonces, para cada gen un individuo tiene dos alelos, pero en la población total de perros puede haber muchas variaciones alélicas. ¿Por qué, entonces, los beagle y los siberianos son razas distintas? Porque tienen, por ejemplo, los mismos genes, para la estatura, el color de pelo, la forma de la cabeza, pero los alelos no son iguales. Es decir que un gen tiene la información para una determinada característica pero esa información puede ser diferente. Entonces, genéticamente un siberiano es más parecido a otro siberiano que a un beagle. Lo que caracteriza a los individuos de una raza es su homogeneidad genética, es decir la poca variabilidad de alelos que hay en ellos.

¿Y en el hombre existen también las razas?

Esto no ocurre en los humanos. Porque si bien hay diferencias entre una etnia y otra, por ejemplo, los individuos de piel negra tienen pelo enrulado, ojos oscuros, nariz chata; esos caracteres, comparados con los de un blanco europeo, son visibles pero responden a pocas variaciones alélicas. Uno puede encontrar, si analiza todos los genes, que dos individuos negros están más distantes genéticamente entre sí, que cada uno de ellos con un individuo blanco. Entonces, el concepto de raza como grupo homogéneo genéticamente no existe en los humanos.

¿Qué expectativas generadas por los avances de la biotecnología se cumplieron y cuáles no?

Las expectativas centradas en los tratamientos con terapias génicas, después de años de experimentación clínica con muchos protocolos llevados a cabo en humanos, no han sido del todo alentadoras. Todavía no hay ninguna terapia génica que sea rutinaria, porque todos los experimentos hechos demostraron que puede haber algunos casos donde funcione bien, otros donde no funciona y otros que produzcan problemas.

En cambio, en biotecnología vegetal se han presentado muchas variedades de plantas que son resistentes a los herbicidas, a ataques

de insectos, y que han generado aumentos en la producción, como la soja transgénica.

Otro tema muy importante ha sido la solución de los problemas de filiación. A través del estudio del ADN se han producido avances en la determinación de lazos biológicos entre padres e hijos, abuelos y nietos. Utilizando esta misma técnica, también en investigaciones forenses se logró identificar restos de víctimas de atentados y asesinatos.

¿Cuáles son los trabajos sobre biotecnología que se están desarrollando en la Argentina?

Hay grupos que trabajan en biotecnología vegetal. En el ámbito privado se está trabajando en la producción de animales transgénicos, como vacas para producir proteínas recombinantes, y otros grupos que trabajan en la producción de proteínas recombinantes en bacterias, levaduras y células animales en cultivo, que se venden como fármacos e incluso se exportan.

Volviendo al tema del genoma humano, se suele escuchar que existe actualmente la posibilidad de que el hombre intervenga en la evolución de su propia especie.

¿Cuál es su opinión al respecto?

El hombre participó siempre en la evolución de su propia especie, por ejemplo, al curar enfermedades y evitar que la naturaleza eliminara a algunos individuos de la población humana. Así, la medicina ha permitido cambios en la proporción de los genes de la población humana. Ahora, para que pasemos a la etapa de "diseño" de seres humanos tendría que permitirse la clonación reproductiva humana. Pero la comunidad científica internacional, los comités de ética y los gobiernos, están muy lejos de aprobar semejante cosa. Igual, la ciencia sigue adelante inexorablemente. Y la pregunta que tenemos que hacernos ante cada avance científico es si va a mitigar las grandes diferencias sociales y económicas que existen en el mundo o las va a acrecentar. Si la ingeniería genética y la biotecnología van a servir para generar una nueva subespecie de humanos más saludable que aquellos que no tienen acceso a esa tecnología, sería desastroso. Lo mismo que si se utilizara la información genética con fines discriminatorios laborales.

Por qué los humanos no somos gusanos...

Durante su formación en Oxford, Inglaterra, Alberto Kornblihtt colaboró con el Dr. Baralle en el clonado del gen de la fibronectina. Se trata de una glicoproteína presente en todos los vertebrados y una de sus formas es soluble y circula por la sangre, donde parece incrementar la coagulación, la cicatrización y la fagocitosis.

Descubrieron que el gen tenía *splicing* alternativo, un mecanismo de las células por el cual son capaces de fabricar muchas proteínas a partir de un único gen. Actualmente hay un renovado interés en este mecanismo porque se sabe que el número de genes en los humanos no es mucho mayor que en algunas especies de gusanos, pero también se sabe que el número de proteínas en humanos sí es mucho mayor, y eso se debe a que con un mismo número de genes podemos fabricar más proteínas. Además, este proceso es mucho más frecuente en los humanos y en los mamíferos que en los invertebrados.

Sección VI

Origen y evolución de la especie humana



Capítulo 19 Las teorías evolutivas

236

Hay cambio, hay evolución. Origen de los seres vivos. ¿Qué fue de la generación espontánea? Evolución química, evolución biológica. La evolución de la evolución. Fijistas contra transformistas. Lamarck, grandes aportes. Darwin, entre pinzones y tortugas. La selección natural explica la especiación. Se buscan pruebas. Fósiles, anatomía comparada, embriones, selección artificial. Genética y evolución. Neodarwinismo. Genes que vienen y van, genética de poblaciones.



Capítulo 20 Evolución del ser humano

250

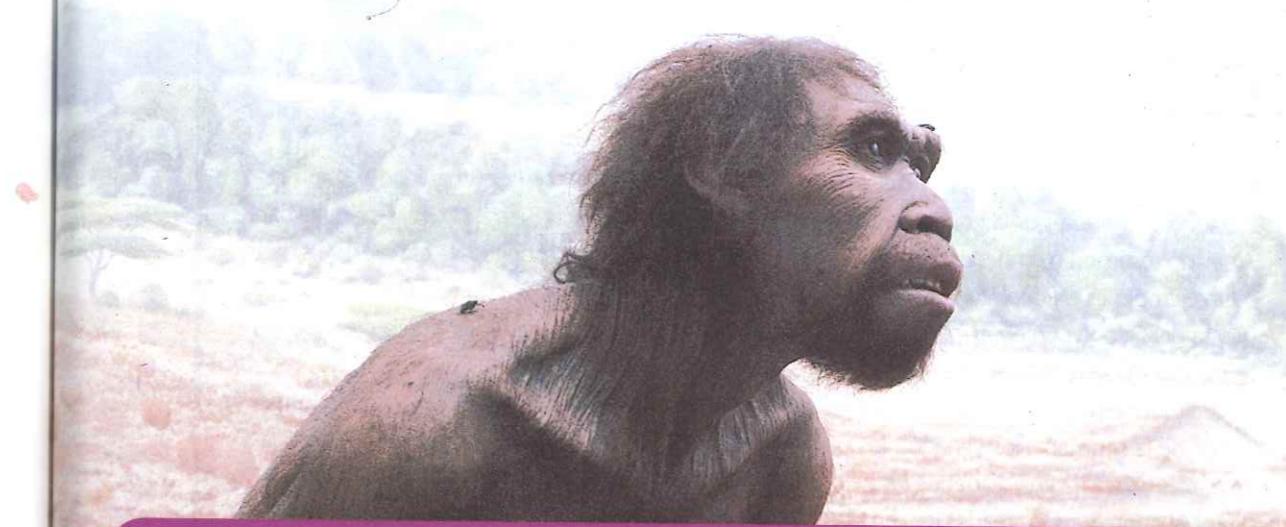
En busca del origen. Primates, simios, ¿primos? Nosotros, los homínidos. En dos pies, pequeño gran detalle. Evolución de los homínidos. ¿Lineal o no lineal? Hombre moderno, *Homo sapiens*. Evolución cultural. Piedra, fuego, agricultura, lenguaje. Aspectos sociales y controvertidos de la evolución. De razas, ni hablar.



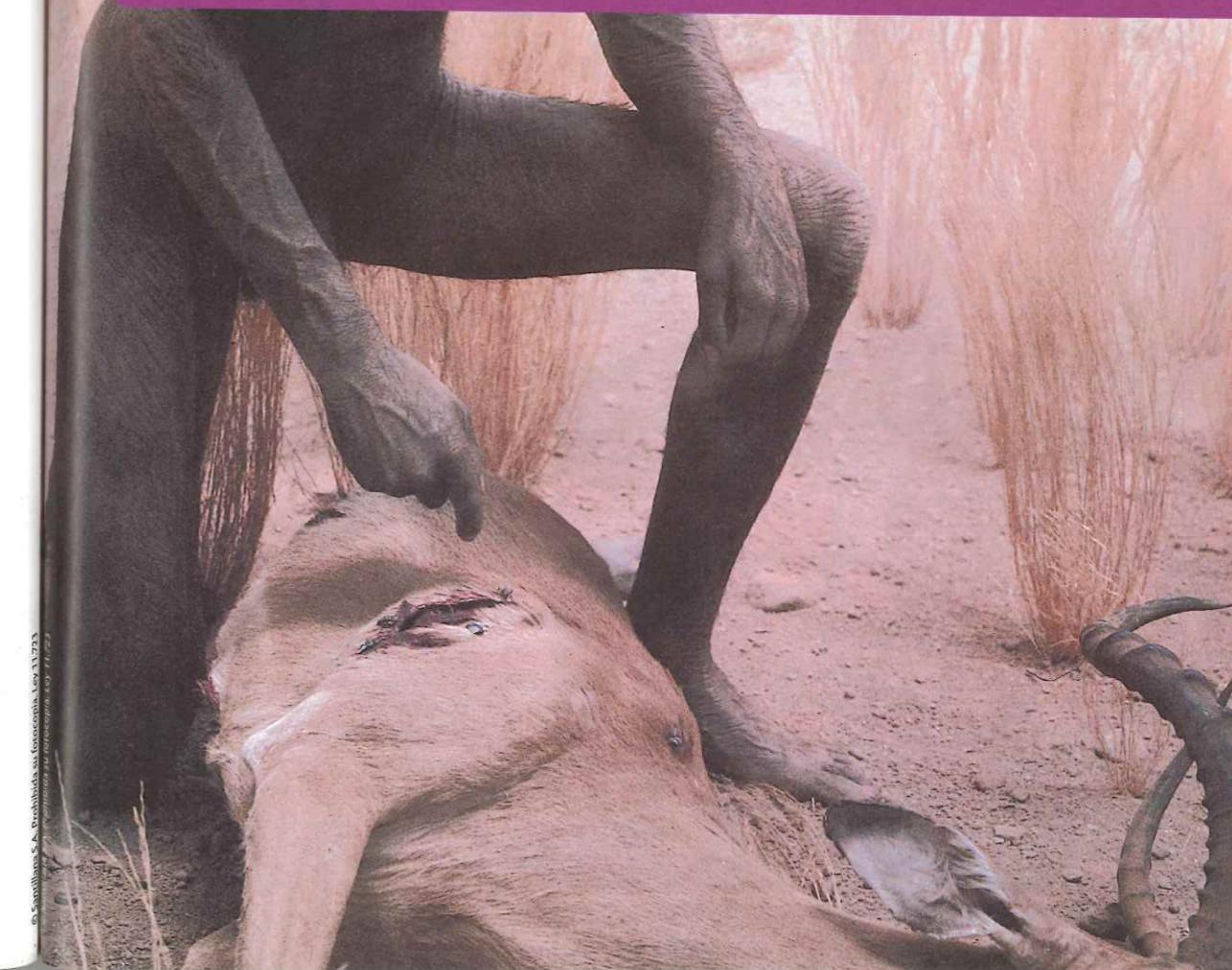
Nuestra gente Tras las huellas del pasado

260

Vida y obra de una paleontóloga. Fósiles, ¿dónde y cómo? Las huellas de Pehuén-Có. ¿Megaterios y compañía en la Argentina? Darwin se perdió las pisadas. Estas y muchas otras cosas nos cuenta, de muy buen modo, la geóloga y paleontóloga Teresa Manera.



Entre 2 millones de años y 50 mil años atrás, este ancestro primitivo del hombre actual, conocido como *Homo erectus*, trazaba su camino evolutivo en África y en Asia, tal como lo revelan los fósiles y objetos hallados. En la imagen, representación de *Homo erectus*, en el Museo de Ciencias Naturales de Nueva York.



235

Sección VI

Capítulo 19

Las teorías evolutivas



ayer

236



Fuente:
El Popol Vuh,
capítulo II
[en línea],
en la Página de
la Literatura
Guatemalteca,
www.literatura
guatamalcea.
org/popol2.html

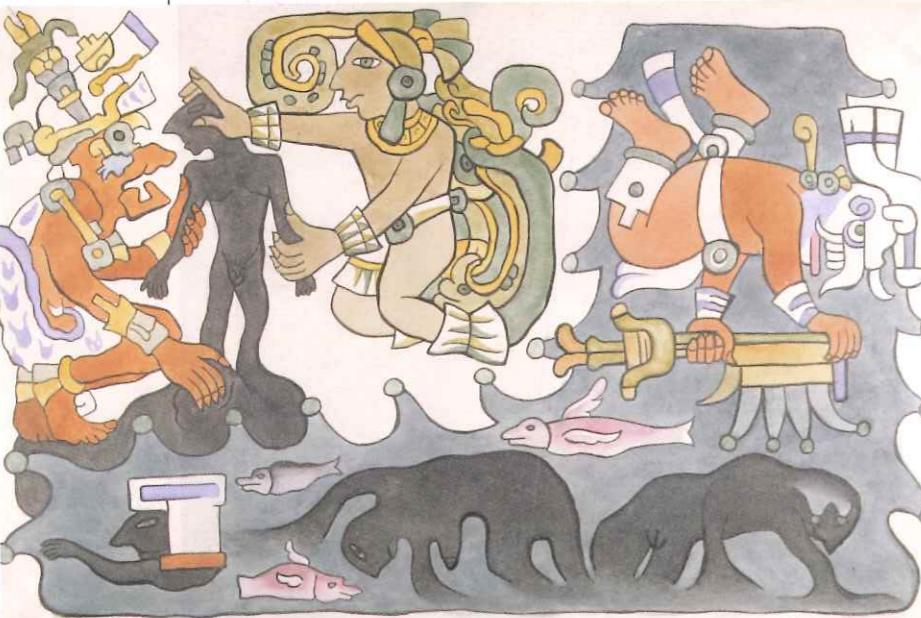


Fig. 19-1. Los mayas atribuían a las divinidades Tepeu y Gucumatz la creación de los seres vivos de su entorno. En la imagen, una lámina del pintor mexicano Diego Rivera.

© Sanillana S. A. Prohibida su fotocopia. Ley 11.723

El Popol Vuh, una explicación del origen. Desde tiempos remotos la humanidad se ha mostrado maravillada por la gran variedad de seres vivos que habitan la Tierra. Muchas culturas han dejado testimonio en sus documentos acerca de cómo concebían el origen de esa biodiversidad. Un ejemplo es el *Popol Vuh*, un escrito de la cultura maya, originaria de la actual Guatemala, que data del siglo XVI. En el capítulo II, el *Popol Vuh* presenta una versión mitológica de la creación del mundo. Allí se puede leer:

"Luego hicieron a los animales pequeños del monte, los guardianes de todos los bosques, los genios de la montaña, los venados, los pájaros, los leones, los tigres, las serpientes, las culebras, las cantiles (víboras), guardianes de los bejucos (plantas trepadoras).

[...] Al punto fueron creados los venados y las aves. [...] –Tú, venado, dormirás en la vega de los ríos y en los barrancos. Aquí estarás entre la maleza, entre las hierbas; en el bosque os multiplicaréis, en cuatro pies andaréis y os sostendréis–. Y así como se dijo, se hizo.

[...] –Vosotros, pájaros, habitaréis sobre los árboles y los bejucos, allí haréis vuestros nidos, allí os multiplicaréis, allí os sacudiréis en las ramas de los árboles y de los bejucos.

[...] Y estando terminada la creación de todos los cuadrúpedos y las aves, les fue dicho a los cuadrúpedos y pájaros por el Creador y el Formador y los Progenitores:

–Hablad, gritad, gorjead, llamad, hablad cada uno según vuestra especie, según la variedad de cada uno. Así les fue dicho a los venados, los pájaros, los leones, los tigres y las serpientes".

El libro menciona varios intentos vanos de creación de los hombres por parte de los dioses, y en su última parte indica:

"Y dijeron los Progenitores, los Creadores y Formadores, que se llaman Tepeu y Gucumatz: 'Ha llegado el tiempo del amanecer, de que se termine la obra y que aparezcan los que nos han de sustentar y nutrir, los hijos esclarecidos, los vasallos civilizados; que aparezca el hombre, la humanidad, sobre la superficie de la Tierra'".

Crecer y multiplicarse. "Desde que Darwin [publicó] *El origen de las especies* [...] los biólogos se han preguntado si al proceso conocido como evolución se le puede conferir el estatuto de ley universal [...]. Sin embargo, hay un problema: tal enunciación sólo puede contrastarse comparando cómo se desarrollaron las especies en la Tierra con el curso que tomó la vida en otros planetas o lugares y, como se sabe, los indicios de vida extraterrestre brillan por su ausencia. Así que en vez de esperar sentados, los científicos pusieron manos a la obra: optaron por 'construir' una nueva forma de vida. O casi. Más bien, diseñaron programas de computadora que se comportan como si fuesen seres vivos. [...]

[El equipo de investigadores] desarrolló un mundo artificial compuesto por toda clase de organismos (bautizados como *digitalia*) que comen, compiten entre sí, se reproducen, mutan y mueren. [...] En el mundo natural, todos los organismos descienden de una sola célula. Lo mismo ocurre en el mini-mundo artificial [...].

Los *digitalia* no sólo se multiplican como conejos sino que también evolucionan, y rápidamente. Cada vez que uno se replica, hay una pequeña probabilidad de que la copia contenga una mutación. La mayoría de las veces las criaturas sorprenden a los diseñadores con las características no concebidas de antemano que llegan a desarrollar.

[Estos experimentos] demostraron que las criaturas digitales evolucionan a la manera en que lo hacen las biológicas. De hecho, confirmaron la validez de la hipótesis darwiniana según la cual las características complejas generalmente evolucionan a partir de estructuras y funciones ya existentes, gradual proceso de mutación mediante".

→ hoy

Fuente:
Página/12,
suplemento
"Futuro",
17 de mayo
de 2003.



Fig. 19-2.
Pantalla del
software
"Avida", el
programa de
computación
que permite
simular procesos
evolutivos.

1. Respondé las preguntas teniendo en cuenta la información de "ayer" y de "hoy".

- ¿Cómo se concibe el origen de los seres vivos en el *Popol Vuh*? ¿Conocés otra explicación acerca del origen de la vida?
- ¿Conocés otras culturas con pensamientos similares que tenían los mayas con respecto al origen de la biodiversidad?
- ¿Cuál es la importancia de las mutaciones en el proceso evolutivo?
- Discutí con tus compañeros el significado y la validez de la última oración del artículo de "hoy": "De hecho, confirmaron la validez de la hipótesis darwiniana según la cual las características complejas generalmente evolucionan a partir de estructuras y funciones ya existentes, gradual proceso de mutación mediante". Anoten conclusiones y compártanlas con los otros grupos y el profesor.

237

S VI

Capítulo 19

Evolucionar es cambiar

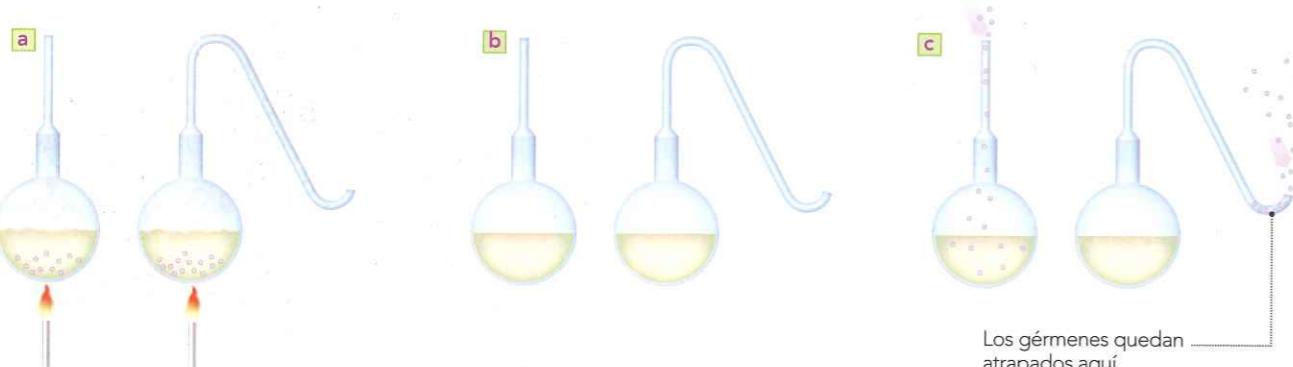
En la página de apertura se mencionan las inquietudes de los hombres acerca del origen de la asombrosa biodiversidad en nuestro planeta. Las investigaciones científicas dan una respuesta a esas inquietudes. La clave es la **evolución**, pero, ¿qué significa evolucionar?

C Sugerí frases habituales en las que se emplea el término **evolución**. ¿Qué sentido se le da a esa palabra?

En el lenguaje de todos los días suele usarse la palabra "evolución" como sinónimo de "progreso" o "mejora". Desde una perspectiva científica, el término **evolución** significa **cambio**. Más específicamente, se denomina **evolución biológica** al conjunto de cambios que han ocurrido, y ocurren, en los seres vivos a lo largo de la historia de la vida en la Tierra. Estos cambios no tienden al progreso o mejora, no ocurren con una direccionalidad establecida ni con una intención. Pueden ser favorables o desfavorables, según las condiciones del ambiente, y pueden propiciar la continuidad o la extinción de una especie. Para comprender mejor esta afirmación, revisá lo que la ciencia conoce de la historia de la vida.

El origen de los seres vivos

Para interpretar el proceso que dio lugar a la diversidad de seres vivos, es preciso conocer cómo se originaron los organismos en la Tierra. Desde los tiempos de Aristóteles, en el siglo IV antes de Cristo, se creyó que



▲ Fig. 19-3. Experiencia de Pasteur con la que refutó la teoría de la generación espontánea: a, medio de cultivo inicial con microorganismos en ambos matracas; b, medio de cultivo sin microorganismos (eliminados con calor) en ambos matracas; c, medio de cultivo con nuevos microorganismos en el matraz de cuello recto y medio de cultivo libre estéril (sin microorganismos) en el matraz con cuello de cisne.

C 2. Revisá los conceptos de los capítulos 16 y 17 y contestá.

Si todos los seres vivos poseen un ADN similar, ¿qué determina la diferencia entre los organismos?

los organismos más simples podían generarse por la reunión de la materia inerte, en un proceso que se llamó **generación espontánea**.

A mediados del siglo XIX, Louis Pasteur, el microbiólogo francés, ideó la experiencia ilustrada en la figura 19-3 con el objetivo de refutar la teoría de la generación espontánea. Colocó, dentro de matracas con cuello de cisne y de otros con cuello recto, un medio de cultivo propicio para el desarrollo de microorganismos, y lo hirvió para eliminar los microbios existentes. Pasado un tiempo, en los matracas con cuello de cisne no se observó un desarrollo de microorganismos, mientras que en los otros frascos sí proliferaron. ¿Cómo explicó Pasteur estos resultados? En los frascos con cuello de cisne los microbios del aire quedaban atrapados en la curvatura y no llegaban al medio de cultivo, mientras que en los otros frascos no había obstáculo para que ingresaran y se multiplicaran en el medio nutritivo. De este modo, Pasteur probó que **cada organismo proviene de otro**, por el proceso de reproducción, y echó por tierra la idea de generación espontánea.

Ahora bien, si todos los organismos se originan por reproducción, ¿cómo se formaron los primeros seres vivos que habitaron la Tierra? Una evidencia interesante para responder esta pregunta se obtiene al examinar la composición química de los organismos, ya que todos cuentan con los mismos tipos de sustancias, entre ellas, las **biomoléculas**: glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.



Generación espontánea:
capítulo 2.
Biomoléculas:
capítulo 4.

La evolución química

Si se compara la composición de una bacteria y la de un ser humano, dos tipos de seres vivos que se ven tan diferentes, es posible comprobar que el ADN de ambos es muy parecido en su estructura: está formado por el mismo tipo de unidades, cuatro tipos de nucleótidos a los que se designa A, T, C y G. Esta es una de las pruebas más convincentes acerca del origen común de los seres vivos. Es decir que todos los organismos provendrían de un **antepasado común** que habría surgido hace unos 3.500 millones de años con una composición química que se conserva hasta la actualidad. Esta idea guió a los investigadores durante el siglo XX en la búsqueda de los orígenes de la vida.

La primera teoría que explicaba el origen de la vida la propusieron a principios del siglo XX, en forma independiente pero simultánea, el bioquímico ruso Alexander I. Oparin y el biólogo inglés John B. Haldane. Se basaba en el conocimiento de las condiciones fisicoquímicas que reinaban en nuestro planeta hace 4.000 millones de años. Según esta teoría, la Tierra primitiva contenía en sus orígenes gran cantidad de compuestos orgánicos disueltos en los océanos y gases atmosféricos (dióxido de carbono, metano, amoníaco). Se cree que, en un proceso que requirió mucho tiempo, y con el aporte de energía de la radiación ultravioleta procedente del Sol y de las descargas eléctricas de las tormentas constantes, las moléculas inorgánicas que abundaban en los mares se fueron agrupando en otras mayores. Algunas de estas moléculas no resistían las condiciones poco propicias del ambiente y eran degradadas, mientras que otras se

profundización

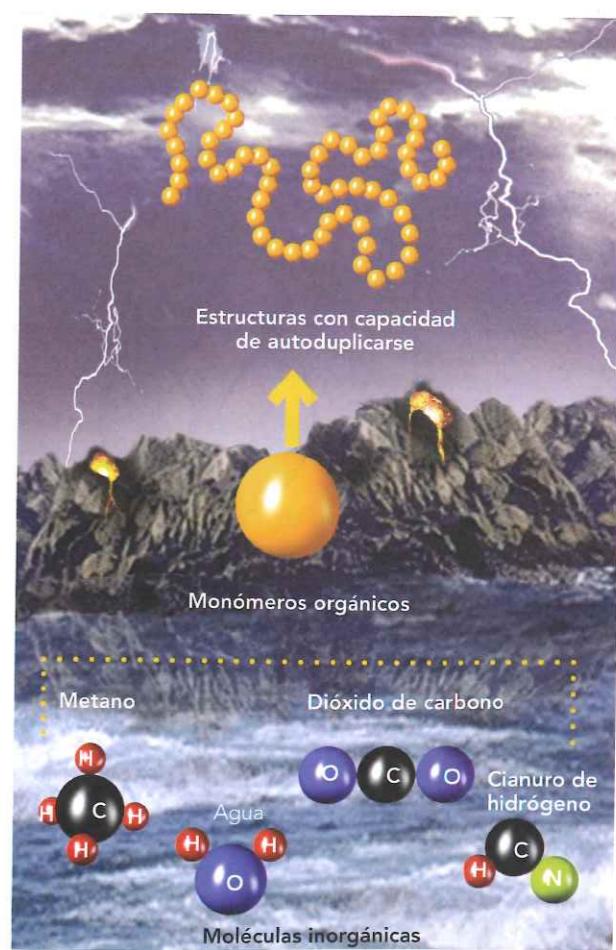
Sin oxígeno ni ozono. En la Tierra primitiva, si bien había oxígeno formando sustancias como el agua o el dióxido de carbono, no existía en forma libre. No había oxígeno gaseoso (O_2) ni ozono (O_3). La falta de la capa de ozono, que hoy en día constituye una barrera que filtra los rayos nocosivos del Sol, determinaba que estas radiaciones llegaran a la superficie terrestre y aportaran energía para la formación y degradación de sustancias.

- C** 3. Redactá un breve texto para diferenciar los conceptos de **evolución química** y **evolución biológica**.
4. ¿Qué relación se puede establecer entre la **evolución química** y la **generación espontánea**, en las condiciones de la Tierra primitiva?

acumulaban en el océano primitivo y formaban nuevas moléculas más complejas y una diversidad de compuestos. Este proceso de cambios en las moléculas se conoce con el nombre de **evolución química** (figura 19-4).

Entre estas sustancias surgidas en la Tierra primitiva se habría originado una capaz de autoduplicarse y proliferar. Por primera vez surgió "algo" con capacidad de duplicarse, una característica propia de la vida. Se cree que estas primeras formas de vida serían muy simples, similares a las bacterias actuales. A partir de esas formas primitivas de vida, y a lo largo de 3.500 millones de años, se ha desarrollado toda la diversidad de organismos que conocemos y muchas que ya se extinguieron, en el proceso de **evolución biológica**.

Una condición indispensable para la evolución de la vida, a partir de la materia orgánica no viva, era la existencia de una **atmósfera terrestre carente de oxígeno libre**, en la cual los compuestos pudieron existir sin modificarse químicamente. **C** Además, no existían otros seres vivos con los cuales se podía competir por estas sustancias orgánicas.



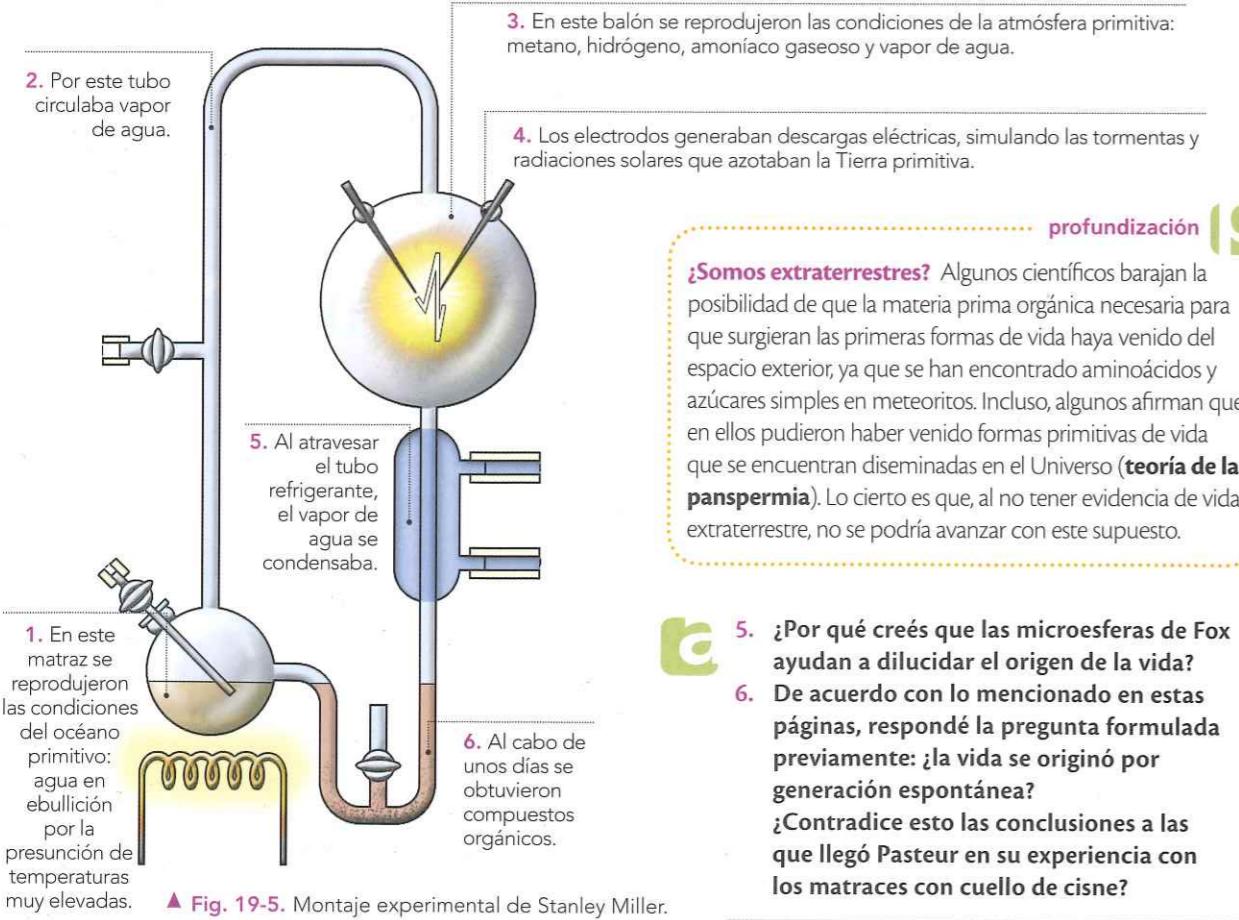
▲ Fig. 19-4. Según la teoría de Oparin y Haldane, la vida se originó y evolucionó en el mar.

Por ejemplo, ¿por qué una bacteria y un ser humano son tan diferentes si la información genética es similar?

La Tierra primitiva en el laboratorio

C Antes de continuar, y a partir de lo explicado, ¿dirías que la vida se originó por generación espontánea? ¿Contradice esto las conclusiones de Pasteur?

¿Cómo es posible comprobar lo que ocurrió hace miles de años? Una forma es elaborar hipótesis a partir de los datos que aportan las diferentes disciplinas, y diseñar experiencias que permitan corroborarlas o refutarlas. La teoría de Oparin fue puesta a prueba por Stanley Miller en 1953, como parte de su tesis doctoral dirigida por Harold Urey en la Universidad de Chicago. Miller llevó a cabo un experimento en el cual simulaba las condiciones primitivas de la Tierra (figura 19-5) para comprobar si obtenía evidencias de la formación de sustancias orgánicas. Dispuso dos matraces comunicados que hacían las veces de "atmósfera primitiva" y "océano primitivo". La energía aportada por las tormentas eléctricas y la radiación solar la proveyeron electrodo generadores de descargas y el calor. Los productos se enfriaron y se recogieron muestras para su análisis. En la mezcla de gases calientes se produjeron reacciones químicas que dieron lugar a nuevos compuestos: aminoácidos, formaldehído y cianuro de hidrógeno que quedaron en solución en el "matraz océano".



© Santillana S.A. Prohibida su fotocopia. Ley 11.723

Si bien hay nuevas experiencias que determinan que el experimento de Miller no reproducía fehacientemente las condiciones de la atmósfera primitiva, éste arrojó un resultado que permitió grandes avances: partiendo de sustancias inorgánicas, y en las condiciones atmosféricas particulares, fue posible obtener moléculas orgánicas, como los aminoácidos. Demostraron, entonces, que es posible la formación espontánea de las moléculas que son componentes de los seres vivos. **L**

Indicios de las primeras células

En 1988, el bioquímico Sidney Fox, de la Universidad de Miami, descubrió que ciertas proteínas se podían "asociar" formando estructuras muy estables –a las que llamó **microesferas**– limitadas por una doble capa que las protegía del exterior; apareció así el ancestro de lo que luego sería la **membrana plasmática**. Las microesferas, a través de la membrana, podían tomar del exterior sustancias como agua, glucosa y aminoácidos, y realizaban reacciones químicas similares a las que ocurren en las células que hoy conocemos, además de duplicarse. Si bien las microesferas no son iguales a las células actuales, constituyen un buen indicio acerca de cómo fueron las estructuras de las cuales "descendieron" las primeras células.



Origen extraterrestre de la vida, panspermia: capítulo 3.



Composición química de los seres vivos: capítulo 4.

La teoría de la evolución, algo de historia

La incorporación de la idea de que los seres vivos cambian, y la elaboración de una explicación acerca de los mecanismos que producen esos cambios, tienen una larga historia que incluye observaciones del medio natural, análisis de fósiles, comparaciones anatómicas, fisiológicas y genéticas, y "acalorados" debates.

Desde la Grecia antigua

Para comprender cómo se desarrollaron las ideas previas acerca del proceso de evolución es necesario remontarse al pensamiento de Aristóteles. Este filósofo griego fue un agudo observador de la Naturaleza. Estableció una clasificación de los seres vivos ordenándolos dentro de una "escala natural" que suponía una jerarquía, como se observa en la figura 19-6. En la base de esa escala se encontraban los "seres inferiores" (plantas), seguidos por los animales. Los hombres eran inferiores a los dioses, pero superiores a los animales debido a su capacidad de pensar.

Sostuvo la posibilidad de generación espontánea para los organismos más simples y consideró que las "formas inferiores" podían transformarse en "formas superiores". **L**

C ¿Qué opinás acerca de estas ideas? ¿Aún siguen vigentes? Investigá como se llama la postura que considera al hombre como centro de la Creación y fin último de la naturaleza.

Fijistas y transformistas

Luego de los aportes de Aristóteles, el debate acerca del origen de la vida y de la diversidad biológica se interrumpió. Hasta que en el siglo V cobró nuevo impulso,

alentado por las ideas provenientes del relato bíblico. El pensamiento **creacionista** y **fijista**, que sostenía que las especies tal como estaban eran producto de la creación divina y permanecían inmutables en el tiempo, fue hegemónico por más de diez siglos.

En el siglo XVII surgieron nuevas líneas de pensamiento. Algunos científicos comenzaron a pensar que el Universo estaba regido por leyes que escapaban a la intervención divina. Las ciencias de la vida no se mantuvieron al margen de estos cambios. La clasificación de los seres vivos realizada por el botánico sueco Linneo **L** dejó entrever similitudes en estructuras y funciones de los seres vivos y algunos científicos comenzaron a barajar la posibilidad de que algunos de ellos fueran "descendientes" de otros. Uno de ellos, George-Louis Leclerc, conde de Buffon, mediante el estudio de fósiles afirmó que los animales procedían de formas más simples del pasado y que con el correr del tiempo se "perfeccionaron" y derivaron en nuevas formas. Por estas ideas se lo considera el representante de la corriente **transformista**.

L **Linneo** (Karl von Linné, 1707-1778). Botánico sueco. Hizo una exhaustiva clasificación que incluyó casi veinte mil plantas y además la clasificación de los seres vivos, que se

sostiene hasta el día de hoy, en reinos, familias, géneros y especies. En ese marco fue el primero que utilizó la nomenclatura binomial para referirse a los seres vivos: primero el género, con mayúscula, y luego la especie, con minúscula, todo con un tipo de letra distinto, por ejemplo: *Homo sapiens*. A pesar de esta innovación, fue un acérrimo defensor de las ideas fijistas.

profundización

la escala animal una diferenciación gradual en lo que atañe a la vitalidad y capacidad de movimiento".

▼ Fig. 19-6. Aristóteles (384-322 a. C.) y representación de la "escala natural".



La evolución según Lamarck

El oponente más relevante que tuvo el fijismo fue el paleontólogo francés Jean-Baptiste Lamarck.  Sostenía que los seres vivos cambiaban, y que esos cambios estaban determinados por una fuerza interior, un "impulso" de cambio en respuesta a las exigencias del medio. Es decir que Lamarck suponía una "intencionalidad en el cambio", y explicó los mecanismos de los cambios mediante tres principios básicos:

1) El ambiente modifica las estructuras de plantas y animales.

y animales. Un cambio en el ambiente impulsa un cambio en los rasgos de los seres vivos, con el fin de adaptarse.

2) Los cambios se producen por el uso y desuso de las partes.

Un órgano que no se usa, se atrofia y después de un tiempo desaparece.

3) Las características adquiridas se transmiten a los descendientes.

Los cambios que ocurren intencionalmente en un organismo con el fin de adaptarse se transmiten a la siguiente generación.

En su obra *Filosofía zoológica*, Lamarck utilizó varios ejemplos para ilustrar las tres premisas de su teoría evolutiva. Por ejemplo, los antecesores de los mamíferos marinos

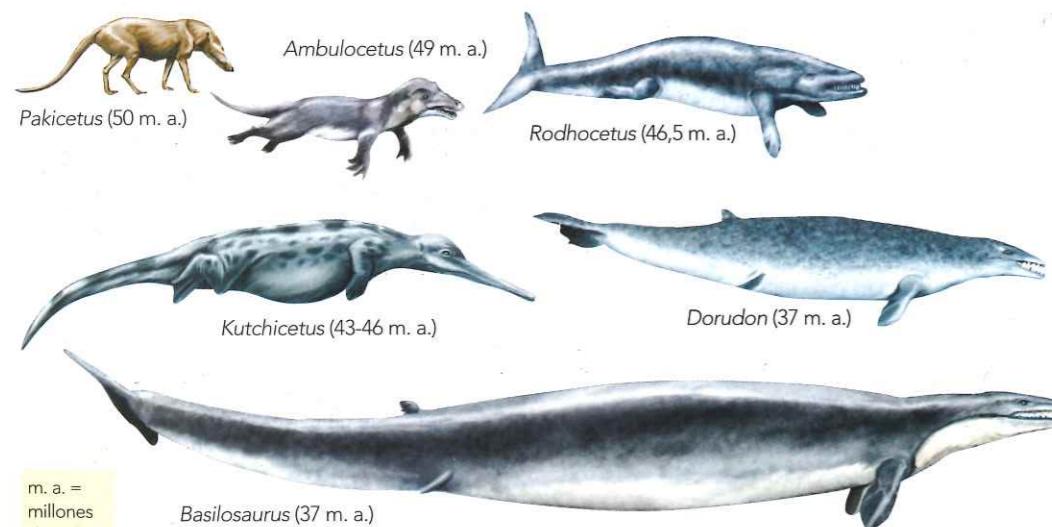


Fig. 19-7. Reconstrucciones de los posibles ancestros evolutivos de las ballenas. Según la explicación lamarckiana, los ancestros terrestres fueron convirtiendo progresivamente sus extremidades en aletas. Si bien los fósiles de *Pakicetus* fueron hallados hace poco tiempo, Lamarck se refirió a antecesores de mamíferos marinos con características similares.

- c** 7. ¿Cuáles son los argumentos que se pueden rebatir de las ideas de Lamarck a partir de los conocimientos actuales? ¿Qué valor tuvieron en su época?

8. ¿Cómo explicaría Lamarck las largas patas de las garzas? Para responder la pregunta investigá acerca de los hábitos de alimentación de estas aves. Efectuá un dibujo o esquema que ilustre tu explicación.



Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829). Nació en Francia, estudió en escuelas jesuitas y militares. Fue comandante en la Guerra de los Siete Años. Luego se dedicó a la botánica y a los estudios naturales, y trató de mejorar las clasificaciones de Linneo. Fue profesor de Zoología en el Museo de Historia Natural de París, donde hizo muchísimos avances en la clasificación de animales (fue el primero que empleó los términos "vertebrados" e "invertebrados") con la idea de evolución y el primero que usó la palabra "biología" para referirse en forma conjunta a la zoología y la botánica.



poseían extremidades adaptadas a la vida terrestre. Una modificación del entorno, que pudo haber consistido en la "necesidad" de recurrir al agua para conseguir alimento, provocó un cambio en el hábito de estos animales que desarrollaron paulatinamente extremidades en forma de remo "para" poder nadar y conseguir más alimento. Éste podría ser el caso de la evolución de las ballenas a partir de un ancestro terrestre como *Pakicetus* (figura 19-7). Esta modificación perduraba en los individuos y podía ser transmitida a su descendencia: sus hijos nacerían con extremidades palmeadas. Es decir que, según Lamarck, "los cambios adquiridos por los seres vivos intencionalmente en respuesta a un cambio en el ambiente eran heredados por sus hijos".

Si bien las ideas de Lamarck fueron ridiculizadas en los círculos científicos de la época, cargan con el valor de introducir en los debates la idea de evolución, que resultaron básicas para la teoría que años después desarrollaría el naturalista Charles Darwin. Esta teoría, la más aceptada actualmente en el ámbito científico, determinó el surgimiento de un nuevo paradigma en la biología, un cambio de mirada en los estudios de la vida. Pero ¿cómo sucedió?

En las siguientes páginas intentaremos descubrirlo juntos.

Charles Darwin: el "padre" de la teoría de la evolución

En 1831, Charles Darwin se embarcó en el buque *Beagle* y partió desde Inglaterra en un viaje que, durante cinco años, lo llevaría a recorrer las costas de Sudamérica. Mientras el resto de la tripulación realizaba una misión cartográfica, Darwin se dedicó a observar y registrar en sus cuadernos las formas de vida presentes y los fósiles en los lugares visitados.

Los datos registrados cuidadosamente serían fundamentales para la posterior elaboración de su teoría de la evolución. Por ejemplo, la similitud estructural entre los fósiles de gigantes gliptodontes extintos que vio en Argentina y las mulitas actuales (figura 19-8) llevó a Darwin a presumir su parentesco evolutivo. (En la entrevista de "Nuestra gente" correspondiente a esta sección vas a encontrar más detalles muy interesantes sobre este tema).

En el archipiélago de las Galápagos, en las costas de Ecuador, tuvo la oportunidad única de observar una fauna particular, en las que se destacaban tortugas gigantes y pinzones. Lo más revelador para la elaboración de su teoría fue el hecho de que las diferentes islas mostraban variaciones en cuanto a las especies de tortugas y de aves que las habitaban. Entre éstas, identificó trece especies de pinzones en diversas islas del archipiélago. Cada especie tenía un tipo de pico particular, adaptado a sus hábitos de alimentación.

Como podés ver en la figura 19-9, el pinzón artesano posee un pico largo que le permite buscar insectos entre la corteza de los árboles y el pinzón terrestre grande tiene un pico corto pero robusto que le permite triturar semillas duras. Darwin concluyó que todas las especies de pinzones descendían de un ancestro común que había llegado desde el continente; que las diferencias entre ellos se producían de manera gradual debido al aislamiento al que estaban sometidas en relación con otros pinzones y que el medio (en este caso la disponibilidad del tipo de alimento) "moldeaba" las diferencias (un pico para cada tipo de alimento).

Charles Robert Darwin (1809-1882). Nació en Shrewsbury, Inglaterra. De niño mostró gran interés por la Naturaleza, colecciónaba escarabajos. Estudió Medicina en la Universidad de Edimburgo, pero mientras estaba cursando la carrera decidió comenzar estudios religiosos en la Universidad de Cambridge, donde pudo profundizar sus conocimientos en ciencias naturales. Allí le propusieron participar en un viaje de investigación con un recorrido por las costas de América del Sur, incluyendo las de nuestro país. Durante ese viaje tuvo la oportunidad de observar numerosas especies y fósiles que lo inspiraron para escribir *El origen de las especies*, publicado en 1859. Murió en Kent, Inglaterra. Algunos sostienen que las dolencias que desencadenaron su muerte eran síntomas del mal de Chagas-Mazza, que pudo haber contraído en Sudamérica.



Fig. 19-8. Fósil de gliptodonte (a) y mulita actual (b), como los que Darwin pudo haber observado en nuestras tierras.



Fig. 19-9. Los pinzones de Darwin sólo habitan en las islas Galápagos y en la isla Cocos de Costa Rica: a, el pinzón artesano (*Camarhynchus pallidus*) tiene un pico largo, con el que atrapa los insectos que encuentra entre la corteza y las grietas de los árboles; b, el pinzón terrestre grande (*Geospiza magnirostris*) tiene un pico grande y robusto, que le permite comer semillas duras y voluminosas.

La selección natural

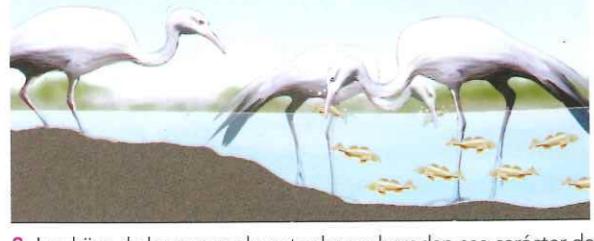
Las observaciones hechas durante el viaje del *Beagle*, junto a las ideas de Lamarck, motivaron a Darwin a elaborar los primeros borradores de su libro *El origen de las especies*. En la obra propone un mecanismo que explica los cambios evolutivos en los seres vivos: la **selección natural**. ¿En qué consiste?

El mecanismo se basa en que no todos los individuos de una misma especie presentan las mismas características. En una población dada hay **variabilidad**, es decir, diversidad de caracteres que son transmitidos a la descendencia. En determinados ambientes y momentos, algunas de estas características pueden ser más ventajosas que otras; por ende, los individuos que las poseen tienen mayores posibilidades de aprovechar los recursos del ambiente, de sobrevivir, y de dejar descendencia a la cual le transmiten ese rasgo ventajoso. Las características favorables para los organismos, en determinado ambiente, que les permiten ser seleccionados, se denominan **adaptaciones**.

C ¿Cómo hubiera explicado Darwin la longitud de las patas de las garzas? Antes de seguir leyendo, proponé una respuesta comparando la figura 19-10 con la ilustración que efectuaste según lo pedido en la actividad 8.



1. Algunas garzas tienen patas más largas que otras. Las garzas de patas largas pescan en aguas más profundas, accediendo a mayor cantidad de alimento y es más probable que se reproduzcan.



2. Los hijos de las garzas de patas largas heredan ese carácter de sus padres.



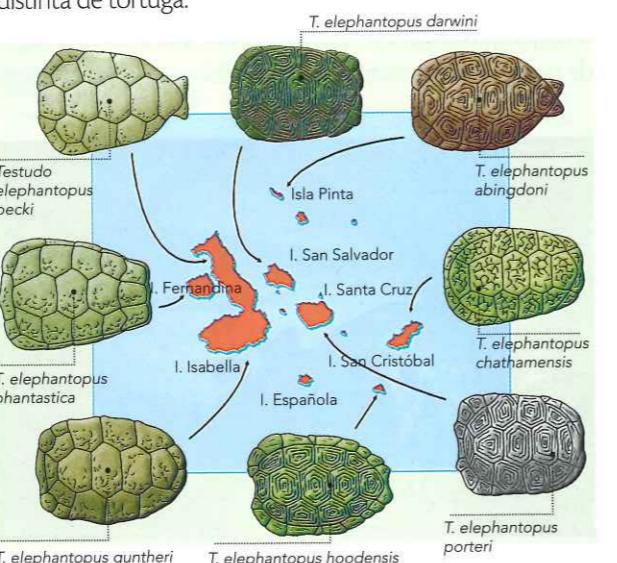
3. Con el tiempo, las garzas de patas cortas han sido "eliminadas" a favor de las de patas largas.

▲ Fig. 19-10. Evolución en las garzas según una explicación darwiniana.

Entre los antepasados de las garzas había individuos con diversas longitudes de patas. Los que poseían extremidades más largas que el resto podían pescar en profundidades mayores. Esto les ofreció una ventaja cuando se produjo un cambio en el ambiente que limitó la disponibilidad de peces en zonas poco profundas. De este modo tenían mayores oportunidades de alimentarse, sobrevivir y tener energía, reproducirse y dejar descendencia con la misma característica: patas más largas. Con el tiempo, fue aumentando la cantidad de garzas con patas largas, tal como las conocemos en la actualidad (figura 19-10).

Según Darwin, los cambios producidos por selección natural ocurren gradualmente y en largos períodos. De ese modo se puede explicar el surgimiento de nuevas especies.

En general, los procesos de **especiación** son producidos por aislamientos. Dos poblaciones quedan aisladas entre sí y la acumulación de cambios en cada una de las partes determina la división en dos nuevas especies. Los aislamientos pueden ser barreras geográficas, cambio en los hábitos y comportamientos, imposibilidades reproductivas, etc. Tal sería el caso de las tortugas de las Galápagos (figura 19-11): los cambios ocurridos en cada población determinaron que en cada isla se produjera una especie distinta de tortuga.



▲ Fig. 19-11. Tortugas del archipiélago de las Galápagos.

9. ¿Cómo explicarías, a partir de la teoría de Darwin, la presencia de extremidades en forma de aleta en mamíferos marinos (antes resuelto según el lamarckismo)?
10. ¿Cuáles son las diferencias y similitudes entre el pensamiento de ambos?
11. Revé el concepto de selección natural. ¿Cuál es el factor que selecciona, y qué es lo que se selecciona?

Evidencias de la evolución

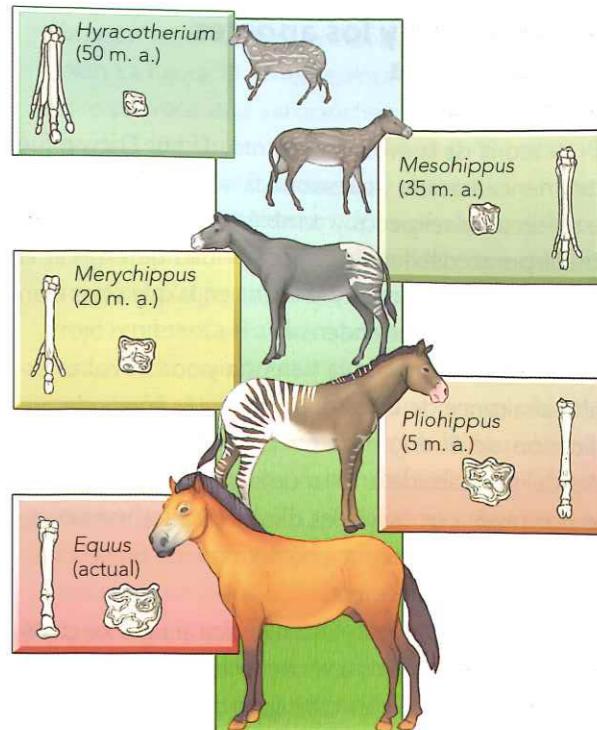
Debido a que la evolución ocurre habitualmente a lo largo de períodos prolongados, y que muchas de las especies que existieron en el pasado se extinguieron, es difícil observar los cambios evolutivos. Pero una serie de observaciones, disciplinas y experiencias brindan claras evidencias de la evolución. Veremos a continuación algunas de ellas.

■ **La paleontología.** Los **fósiles** son vestigios de vida que se conservan del pasado. Se pueden encontrar, por ejemplo, huesos, flores, huellas, huevos y troncos conservados en forma de fósiles. Su análisis puede aportar datos acerca de las relaciones de parentesco entre los organismos, o reconocer los cambios de un determinado tipo de organismo con el tiempo, como en el ejemplo del caballo que se muestra en la figura 19-12. En el árbol se muestra uno de los cambios evolutivos: la reducción en el número de dedos.

■ **La anatomía comparada.** Entre las disciplinas que más aportan a la comprensión de los procesos evolutivos está la anatomía comparada. En la figura 19-13 puedes apreciar el mismo tipo y ordenamiento de huesos en los miembros de un ave, un perro, el ser humano y una ballena. Éstas son **estructuras homólogas**: aunque cumplen distintas funciones (volar, caminar, aprender, nadar, etc.), tienen un origen común y, por lo tanto, indican un parentesco evolutivo entre estos organismos. En cambio, las **estructuras análogas**, como las alas de murciélagos e insectos, cumplen la misma función pero no son "herencia" de un antepasado común. Aunque estas estructuras no permiten establecer parentescos evolutivos, son prueba de actuación de la selección natural ya que revelan formas de adaptación a un mismo medio.

■ **La embriología.** Del mismo modo que la anatomía, la comparación de embriones de diversas especies revela una similitud asombrosa entre seres vivos en estadios tempranos de su desarrollo (figura 19-14).

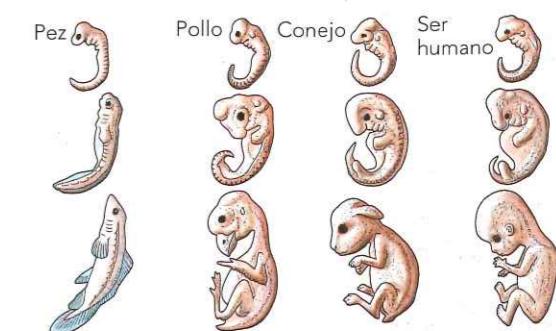
■ **La selección artificial.** La agricultura, la ganadería y la cría de perros de raza también pueden brindar evidencias de la evolución. Las distintas razas de ganado o de perros y las variedades de cultivos con características deseadas se obtienen haciendo cruzas dirigidas. Es decir que los especialistas seleccionan para reproducir entre sí distintos tipos de individuos, para lograr otros con ciertas características deseadas. Esta selección artificial "imita" la selección natural y permite comprobar las ideas acerca de la evolución.



▲ Fig. 19-12. La historia evolutiva del caballo es de las más completas y mejor estudiadas. Se produce un aumento gradual del tamaño del cuerpo, acompañado de una reducción en el número de dedos y de modificaciones profundas en la dentición.



▲ Fig. 19-13. Estructuras homólogas en vertebrados.



▲ Fig. 19-14. Embryones de diversos vertebrados en distintas fases de su desarrollo.

La evolución y los aportes de la genética

La teoría de la evolución planteada por Darwin fue duramente atacada y cuestionada, sobre todo por parte de sectores religiosos y también de algunos científicos. El punto débil era su imposibilidad de explicar el origen de las variaciones y la forma en la que éstas eran transmitidas a la descendencia.

Los mecanismos de la herencia podrían haber estado al alcance de Darwin, pues para la época de publicación de *El origen de las especies* (1859), Gregor Mendel ya estaba desarrollando sus trabajos con cruzas de plantas. Sin embargo, las distancias y los medios de comunicación de la época no permitieron que el naturalista inglés los conociera.

La "deuda" no quedó saldada hasta el siglo XX, cuando una serie de conocimientos provenientes de diversas áreas se combinaron para dar lugar a la denominada **teoría sintética de la evolución (TSE) o neodarwinismo**. Esta teoría, impulsada por los investigadores Theodosius Dobzhansky, Ernst Mayr y George Gaylord, complementa las conclusiones de la teoría de Darwin con los aportes de la genética.

Con la innovación de la TSE no sólo se incorporaron conceptos de la genética, también se extendió el análisis de los fenómenos evolutivos de los individuos a los fenómenos poblacionales. En esta concepción del proceso evolutivo resultó importante la introducción de la **genética de poblaciones**, una disciplina que permitió interpretar los cambios en la proporción o el porcentaje de los alelos en las poblaciones (**frecuencia alélica**). Para comprender mejor cómo la TSE interpreta los fenómenos evolutivos, mirá la figura 19-15.

Los factores que generan diversidad

Según la teoría de la evolución de Darwin, la selección natural actúa sobre la diversidad de caracteres. Más precisamente, teniendo en cuenta los aportes del neodarwinismo, la selección natural actúa sobre la variabilidad genética.

¿Cuáles son los factores que generan diversidad en los individuos y que permiten que actúe la selección natural? La **reproducción sexual** es un tipo de proceso que genera diversidad en los caracteres de los descendientes. Por una parte, el proceso de **meiosis** produce en cada individuo una gran diversidad de gametas que son portadoras de información genética variada. Esto determina que dos hermanos de los mismos padres

sean parecidos pero no idénticos entre sí. Por otra parte, la **combinación** del material genético de individuos diferentes es otro factor que aporta variabilidad.

Un tercer factor que genera diversidad son las **mutaciones**. En este sentido, un aporte fundamental a la teoría sintética de la evolución fue realizado por el botánico holandés Hugo de Vries quien estableció el concepto de mutación. Las mutaciones, *cambios ocurridos al azar en el material genético de los seres vivos*, permiten la generación de las variaciones sobre las que puede actuar la selección natural. De Vries observó, al hacer cruzas de plantas conocidas como "diego de noche", que en algunas generaciones aparecían flores de colores que no habían estado presentes en ninguna de las generaciones anteriores. De Vries concluyó que, por alguna mutación, se origina una nueva variedad del gen que determina su color.



▲ Fig. 19-15. Interpretación según la TSE de un proceso de selección.



Experiencias de Mendel:
capítulo 17.
Reproducción y herencia:
capítulo 15.
División celular; mitosis y meiosis:
capítulo 5.

Otros mecanismos evolutivos

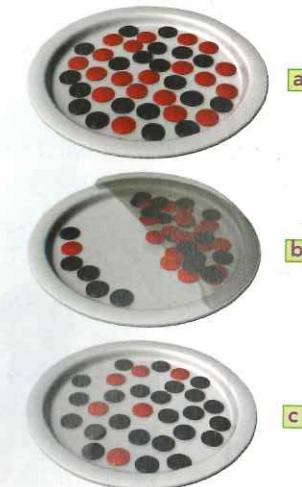
Las mutaciones no son la única causa del cambio en el patrimonio de genes de una población. A continuación se enumeran otros factores que alteran la variabilidad genética en una población.

■ Las **inmigraciones** y **emigraciones** involucran la salida y entrada de individuos, y de sus genes, en una población. El desplazamiento de genes dentro y fuera de ésta se conoce como **flujo génico**, y es un factor que puede introducir nuevos alelos en la población o alterar las proporciones de los alelos ya existentes. Esta migración o flujo de genes también ocurre por procesos como la polinización, que puede transportar gametas a otras poblaciones de una especie. (Figura 19-16).

■ La **deriva génica** es un fenómeno que afecta a poblaciones pequeñas y por el cual ciertos alelos disminuyen su frecuencia y a veces incluso desaparecen. Esto puede ocurrir cuando un pequeño grupo se separa de la población original y funda una nueva colonia integrada por pocos individuos, un fenómeno conocido como **efecto fundador**. Otro caso especial es el **cuello de botella**, que se produce cuando una población reduce drásticamente su número ante un acontecimiento casual, y los pocos individuos que sobreviven se reproducen y provocan

un cambio en las frecuencias alélicas de una población. La figura 19-17 representa el "cuello de botella" que provoca una variación en la frecuencia alélica en una población. En (a) se observa la población original con igual frecuencia de alelos rojos y negros. Los botones representan tipos de alelos: el botón negro representa un alelo dominante que determina el pelo largo en cobayos, por ejemplo, y el botón rojo representa el alelo recesivo (pelo corto). En (b) un acontecimiento azaroso (por ejemplo, muchos ratones quedan atrapados en una cueva) reduce el tamaño de la población. En la población restante la proporción de alelos dominantes es notablemente mayor que la de alelos recesivos. Tras algunas generaciones (c), la población presenta una proporción diferente de alelos.

■ Si en una especie algunos individuos eligen reproducirse entre sí de manera preferencial (**reproducción selectiva**), se podría alterar la frecuencia de determinados genotipos. Por ejemplo, en algunas especies de aves las hembras eligen a los machos que tienen determinados colores o cantos. Esta selección favorece la transmisión de los alelos que determinan este rasgo característico, y las frecuencias génicas en las poblaciones cambiarán de manera considerable.



▲ Fig. 19-17. Modelo "cuello de botella" que explica la deriva génica en una población.

Alelos: H, hojas grandes; h, hojas chicas



▲ Fig. 19-16. Efectos de la introducción de nuevos alelos en una población.

12. A continuación se presentan tres situaciones. Determiná a cuál de los factores explicados previamente corresponde cada una.

- a) La caza indiscriminada de elefantes marinos en las costas de California redujo drásticamente el número de individuos y, en consecuencia, su variabilidad genética.

b) Ante la llegada de un grupo de ratones de pelaje negro a una población donde la mayoría de los ratones eran blancos, se notó al poco tiempo una predominancia de ratones de color negro en la población.

c) La autopolinización en determinadas plantas provoca una disminución en la variabilidad genética.

Aplicación y análisis

13. Con bastante frecuencia se cree que la presencia de oxígeno gaseoso es condición indispensable en la atmósfera de un planeta para que en él se desarrolle la vida. Discutí la afirmación anterior a partir del análisis de las condiciones en las que se originó la vida en la Tierra.
- ¿Cuál es la teoría científica aceptada actualmente para explicar el origen de la vida?
 - ¿Cuál fue el aporte de la experiencia de Miller a esa teoría? En la respuesta aclará en qué consistió esta experiencia y los resultados obtenidos.
 - Explicá cuáles pueden ser los motivos por los cuales se considera que en la actualidad no se originan seres vivos, como ocurrió en la Tierra primitiva.
14. ¿De qué manera se pueden comparar la evolución química con la evolución biológica desde la idea de selección natural?

15. Es muy común que, al nacer, a los cachorros de la raza Doberman les corten la cola y las orejas. Aun así, sus crías siguen naciendo con colas y orejas largas.



▲ Fig. 19-18. Perros Doberman.

- ¿Dirías que esta afirmación es contraria a lo expuesto por Lamarck? Justificá tu respuesta.
- ¿Cómo explicarías, a partir de los conocimientos que se tienen actualmente sobre genética, por qué es errónea la idea de herencia de caracteres adquiridos que sostenía Lamarck?
- ¿Qué diferencia hay entre los caracteres hereditarios y los adquiridos?

16. La notable similitud de los bichos palo con la vegetación les permite pasar inadvertidos para sus predadores. ¿Cómo explicarías este fenómeno aplicando el concepto de "selección natural"? ¿Qué ocurriría si, por alguna razón, se extinguiesen las plantas con las cuales se camuflan?



▲ Fig. 19-19. Bicho palo.

17. A continuación aparecen pares de términos. Redactá, para cada uno de ellos, un texto breve (entre cinco y siete líneas como máximo) donde aparezcan relacionados ambos términos.
- Selección natural / variabilidad genética.
 - Lamarck / adaptación.
 - Origen de la vida / evolución química.
 - Mutaciones / evolución.

18. El pulpo es un animal que, ante la presencia de un predador, puede eliminar en el agua un chorro de tinta que le permite alejarse sin que lo vean.
- ¿Cuál sería la ventaja adaptativa que ofrece esta característica?
 - Explicá cómo se habría desarrollado esta característica adaptativa según:
 - La teoría de Lamarck.
 - La teoría de Darwin.
 - La teoría neodarwinista.

19. Analizá la siguiente situación y respondé la pregunta que le sigue.

En una población pequeña de escarabajos se observaba un 75% de individuos con manchas blancas en su caparazón y el resto lisos. Luego de un tiempo se observó un 80% de escarabajos lisos y

el resto con manchas. Se sabe que recientemente se introdujo en la zona una nueva especie de aves exóticas.

¿Cuál de las dos opciones habría que considerar para explicar este fenómeno?:

- La selección natural.
- La deriva génica.

20. El siguiente relato mitológico fue extraído del libro *Cosmos* de Carl Sagan, publicado en 1980. Leé el texto y respondé las preguntas que siguen.

"En el año 1185, el emperador del Japón era un niño de siete años llamado Antoku. Era el jefe nominal de un clan de samuráis llamados Heike, que estaban empeñados en una guerra larga y sangrienta con otro clan de samuráis, los Genji. El encuentro naval decisivo, con el emperador a bordo, ocurrió en Danno-ura, en el mar Interior del Japón el 24 de abril de 1185. Los Heike fueron superados en número y en táctica. Muchos murieron en manos del enemigo. Los supervivientes se lanzaron en gran número al mar y se ahogaron. La Dama Nii, abuela del emperador, decidió que ni ella ni Antoku tenían que caer en manos del enemigo. La Dama Nii lo agarró fuertemente en sus brazos y mientras decía 'en las profundidades del océano está nuestro capitolio', se hundió finalmente con él debajo de las olas. Los Heike desaparecieron casi por completo de la historia. Los pescadores descendientes de los Heike dicen que los samuráis Heike se pasean todavía por los fondos del mar Interior, en forma de cangrejos. Se pueden encontrar en este mar cangrejos con curiosas señales en sus dorso, formas e identificaciones que se parecen asombrosamente al rostro de un samurai. Cuando se pesca un cangrejo de éstos no se come sino que se devuelve al mar para conmemorar los tristes acontecimientos de Danno-ura".



▲ Fig. 19-20. Cangrejo Heike.

- ¿Dirías que el caso de los cangrejos Heike es un ejemplo de selección natural o de selección artificial? Justificá tu respuesta.
- ¿Qué efecto tendrá el hecho de devolver al mar los cangrejos Heike sobre la población total de cangrejos?
- ¿Qué otros ejemplos de selección artificial podrías dar?

Investigación

21. La evolución sigue siendo el pilar fundamental en las explicaciones de los fenómenos biológicos. Buscá en Internet, en los archivos de diarios y revistas de divulgación, información tendiente a responder las siguientes preguntas:

- ¿Cómo puede explicarse en términos de selección natural y/o adaptación la existencia de bacterias resistentes a los antibióticos? ¿Por qué los médicos insisten en el uso responsable de los antibióticos?
- ¿Cómo puede la evolución explicar los cambios del VIH (virus de la inmunodeficiencia humana)? ¿Qué es la coevolución?

Organización de la información

22. El gran desarrollo de la biología en los dos últimos siglos se evidencia por la gran cantidad de conceptos que se pueden identificar en su cuerpo teórico. A algunos de esos conceptos se los llama *estructurantes* porque tienen un gran poder de explicación y muchos otros se pueden explicar gracias a ellos. Incluso permiten establecer relaciones con otras disciplinas de conocimiento. Una forma que permite reconocer los conceptos estructurantes es una red, porque son los que tienen más enlaces asociados.

- Seleccioná por lo menos diez conceptos importantes de los explicados en el capítulo.
- Confeccioná con ellos una red conceptual.
- ¿Cuáles de los conceptos seleccionados podrías relacionar con otros campos de conocimiento, aparte de la biología? Ejemplificá.
- ¿Cuáles de los conceptos seleccionados son estructurantes?
- Escribí un breve texto explicando las relaciones entre los conceptos estructurantes.

Capítulo 20

Evolución del ser humano

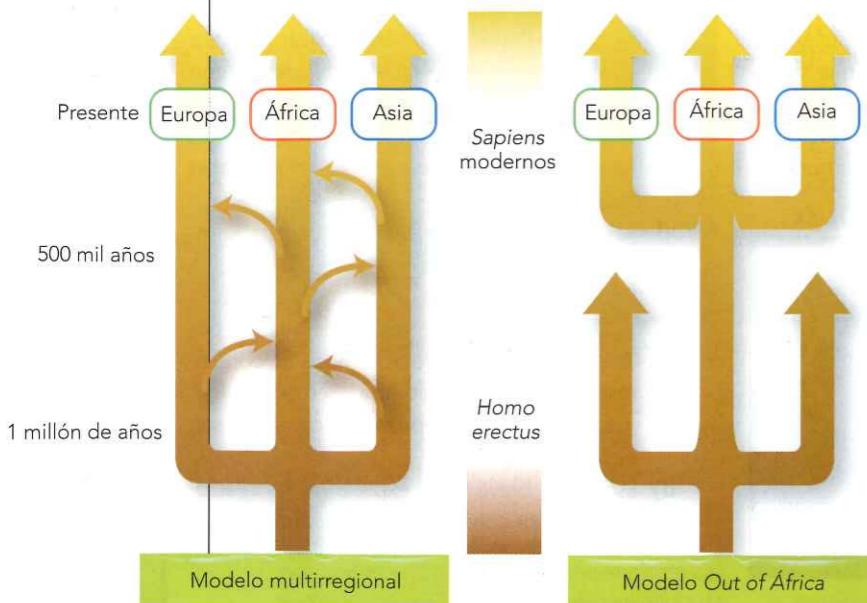
lejos

Origen de la humanidad y población del “Viejo Mundo”. Una de las cuestiones que más ha preocupado siempre a quienes investigan la evolución humana es el origen del hombre moderno. Y, como muchos otros aspectos de la ciencia, éste es un motivo de controversias entre los investigadores.

Actualmente hay dos modelos propuestos para interpretar el origen y la forma en la que se expandieron los *Homo sapiens* en el “Viejo Mundo”. Uno es el “**modelo del candelabro**” o **hipótesis multirregional**, basado en un origen del hombre a partir de tres grupos poblacionales. Sostiene que hace un millón de años, regiones de Europa, África y Asia estaban pobladas por antepasados del hombre actual (*Homo erectus*) y que, de manera independiente y gradual, en cada una de esas zonas la evolución determinó el surgimiento del *Homo sapiens*. Pero, ¿pudo la evolución en tres lugares distintos derivar en poblaciones tan parecidas? Las características comunes de los distintos grupos humanos de esas regiones quedarían explicadas por las migraciones que se produjeron entre ellos.

El otro modelo en pugna es el denominado **Out of Africa**. Se basa en un origen geográfico único del *Homo sapiens* que, de acuerdo con las evidencias fósiles y los análisis genéticos de las poblaciones, se estima en África y es bastante “reciente”: 120 mil años. Luego, la búsqueda de alimento y condiciones de vida más favorables llevó a estos humanos primitivos a colonizar nuevas regiones, llegando a habitar Europa y Asia. El nombre de este modelo, “Out of Africa” (“Fuera de África”) proviene de una famosa película protagonizada por Robert Redford y Meryl Streep, que relata una apasionada historia de amor que, justamente, “nace en África”. En nuestro país, el filme se conoció como *África mía*.

250



▲ Fig. 20-1. Diagramas que representan los modelos de explicación del origen del *Homo sapiens*.



▲ Fig. 20-2. *Out of Africa*, una película que dio nombre a un modelo científico.



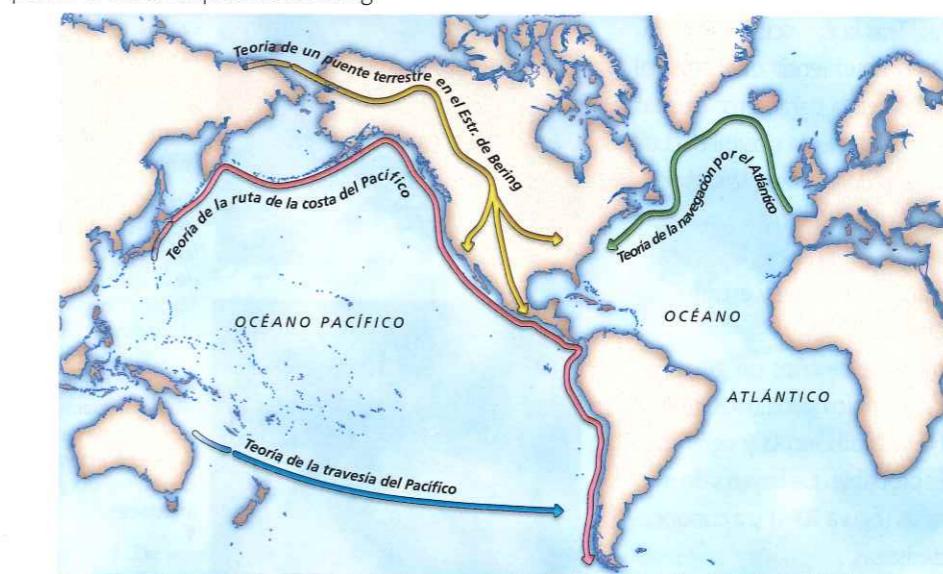
Poblamiento americano. Otro campo de debate científico se da en la interpretación del origen de las poblaciones humanas de América. Uno de los ejes del debate es, si se acepta tanto el origen africano como el multirregional descritos en la página anterior: ¿cómo llegó el *Homo sapiens* a nuestro continente? Se estima que esto ocurrió hace aproximadamente 20.000 años, pero las posturas son variadas.

■ **Teoría de un puente terrestre en el estrecho de Bering.** Sostiene que algunos grupos emigraron desde Asia cruzando el istmo que separa a Siberia de Norteamérica aprovechando el descenso del nivel de agua producido en la Edad de Hielo. Se supone que esta ruta la pueden haber hecho grupos de cazadores que perseguían mamuts o buscaban mejores condiciones para la pesca.

■ **Teoría de la ruta de la costa del Pacífico.** Considera que los primeros pobladores eran exploradores de origen asiático que, en botes rudimentarios, arribaron a las costas de Norteamérica (un trayecto relativamente corto), y luego, siguiendo la costa del Océano Pacífico, pudieron llegar incluso a poblar América del Sur.

■ **Teoría de la travesía del Pacífico.** Presume que algunos humanos originarios de Australia o islas del Pacífico Sur llegaron navegando a las costas de lo que hoy es Chile.

■ **Teoría de la navegación por el Atlántico.** Habitantes de la península Ibérica se podrían haber lanzado a la aventura en pequeños barcos, recorriendo los bordes de los glaciares que hace miles de años cubrían el Atlántico Norte, desembarcando en las costas de la actual Canadá. Todos los supuestos anteriores se basan en los hallazgos en yacimientos arqueológicos americanos, tales como puntas de flechas, útiles de piedra y madera, pieles de animales y esqueletos relacionados con otros artefactos o restos óseos originarios del Viejo Mundo. Actualmente se llevan a cabo estudios genéticos de comparación de poblaciones. Sus resultados respaldan la teoría del puente de Bering.



cerca



Fuente: Nemecek, S. “Los primeros americanos”, en *Investigación y Ciencia*, noviembre de 2000.

251

VI
Capítulo 20

◀ Fig. 20-3.
Posibles
“rutas”
para el
poblamiento
americano.

- c
- Teniendo en cuenta los modelos y teorías que se mencionan en “lejos” y “cerca” resolvé las consignas siguientes.
 - Con los datos temporales que aportan el texto y las imágenes construí una línea de tiempo. No te olvides de respetar la escala. ¿Se puede marcar con precisión la fecha de la llegada de los primeros humanos a América? ¿Por qué? ¿Cuánto tiempo transcurrió, aproximadamente, entre el surgimiento del *Homo sapiens* y su llegada a América?
 - ¿Qué antecesores del *Homo sapiens* se mencionan? ¿Conocés otros?
 - ¿Podría haber posturas “intermedias” entre el modelo multirregional y el *Out of Africa*? ¿Qué características de cada uno podrían tener?
 - Más allá del respaldo de los estudios genéticos a la teoría del puente de Bering, ¿te parece la teoría más acertada? ¿Por qué?

Rastreando el origen humano

Para poder estudiar el origen del hombre desde un punto de vista evolutivo es importante apartarse de la visión aristotélica, que lo sitúa en una escala jerárquica por sobre el resto de los seres vivos, como vimos en el capítulo anterior. Si bien la capacidad de razonamiento y el desarrollo cultural brindan, a nuestra especie, características particulares con respecto a los demás representantes del reino *Animalia*, es necesario reconocer primero qué aspectos biológicos compartimos con ellos.

Para situarnos dentro del reino *Animalia* debemos mencionar que pertenecemos al filo *Chordata* (cordados), clase *Mammalia* (mamíferos), orden Primates, superfamilia *Homoidea*, familia *Hominidae*, género *Homo*, especie *Homo sapiens*.

Con el objetivo de rastrear nuestro origen haremos un recorrido por algunos de los grupos a los que pertenecemos.

Nuestros “parientes” más cercanos

Los mamíferos surgieron en la Tierra durante la era Mesozoica, hace unos 210 millones de años, como una rama evolutiva de los reptiles. Tras la extinción de los dinosaurios experimentaron un crecimiento descomunal en número y en diversidad. Tal vez la característica más definida para este grupo de animales es la posibilidad de alimentar a sus crías con leche producida en las glándulas mamarias de las hembras. También compartimos con el resto de los mamíferos la presencia de pelos y los tres huesitos del oído medio (martillo, yunque y estribo) separados, entre otras características.

Se estima que hace 98 millones de años un grupo de mamíferos sufrió una serie de cambios evolutivos, que se reflejaron en adaptaciones a la vida arborícola y significó el surgimiento de los primates. Es probable que hayan sido muy similares a las actuales musarañas (figura 20-4), y a continuación mencionamos sus características.

- Extremidades con cinco dedos, con tres segmentos cada uno.
- En lugar de garras, uñas planas en todos los dedos.
- Pulgares oponibles.
- Posibilidad de rotar el brazo en relación con el hombro.
- Agudización de la vista en posible relación con la disposición frontal de los ojos. Esto permitió la adquisición de una visión estereoscópica.
- Particularidades conductuales: mayor tendencia al cuidado de las crías, que se traduce en tiempos más largos de aprendizaje, y la adopción de una posición erguida.

C Señalá cuáles de las características mencionadas para los primates representan adaptaciones para la vida arborícola.

Dentro de los primates se pueden distinguir dos grupos. Por un lado, los **prosimios**, que fueron los primeros en aparecer y de los cuales actualmente sólo se encuentran exponentes en la isla de Madagascar. Por ejemplo, los lémures (figura 20-5).

El otro grupo es el de los **antropoides**, entre los cuales se identifican: los platirrinos y los catirrinos.

■ Los **platirrinos** o **monos del Nuevo Mundo**: viven en América Central y América del Sur, son arborícolas. La mayoría de ellos utiliza su cola prensil para sujetarse y desplazarse. Ejemplo: el mono araña.

■ Los **catirrinos**: incluye a los **monos del Viejo Mundo** que habitan Asia y África. Algunas especies son arborícolas y otras viven en el suelo. Los babuinos son un ejemplo (figura 20-6). En este grupo también están incluidos los monos sin cola, los **hominoides**: los gibones, los grandes simios (orangutanes, chimpancés y gorilas) y los **homínidos**, entre los que nos incluimos.



Fig. 20-4. Los exponentes originarios de los primates probablemente eran similares a las musarañas actuales.



Fig. 20-5. Los lémures (del latín *lemures*, “espíritus de la noche”) son exclusivos de Madagascar. En la foto, una hembra de lémur negro (*Eulemur macaco*), especie que se mantiene activa durante el día y el atardecer.

Fig. 20-6. Los babuinos o papiones son monos del Viejo Mundo o catirrinos. Viven en el suelo y rara vez suben a los árboles.



Escala natural de Aristóteles:
Capítulo 19.
Cordados:
Capítulo 13.
Visión estereoscópica:
Capítulo 17.
Esqueleto:
Capítulo 11.

Los grandes simios

Los estudios comparativos anatómicos, fisiológicos, de comportamiento y genéticos resultaron de gran aporte para construir modelos que representen el devenir evolutivo de los primates para develar el origen del *Homo sapiens* (figura 20-7).

De los primates, uno de los grupos más interesantes para la antropología es el de los grandes simios, ya que es el más emparentado con nuestra especie. En la actualidad se pueden identificar tres géneros: *Pongo* (orangutanes), *Pan* (chimpancés) y *Gorilla* (gorilas). 

Las comparaciones entre nuestra especie y los grandes simios parecen inevitables ya que el parecido anatómico es evidente. Una de las diferencias son los brazos largos y las piernas cortas, de modo que cuando están en “cuatro patas” se mantienen parcialmente erectos.

El parentesco evolutivo se evidencia con los estudios cromosómicos y genéticos. Por ejemplo, nuestras células somáticas poseen 46 cromosomas y las del chimpancé 48, y, si se efectúa una comparación genómica, la similitud es del 96%.

Se realizaron varios intentos para extrapolar aspectos conductuales en estas comparaciones, pero las diferencias en el comportamiento son notables. Si bien todos los simios presentan comportamientos sociales característicos, es difícil encontrar patrones comunes entre ellos.

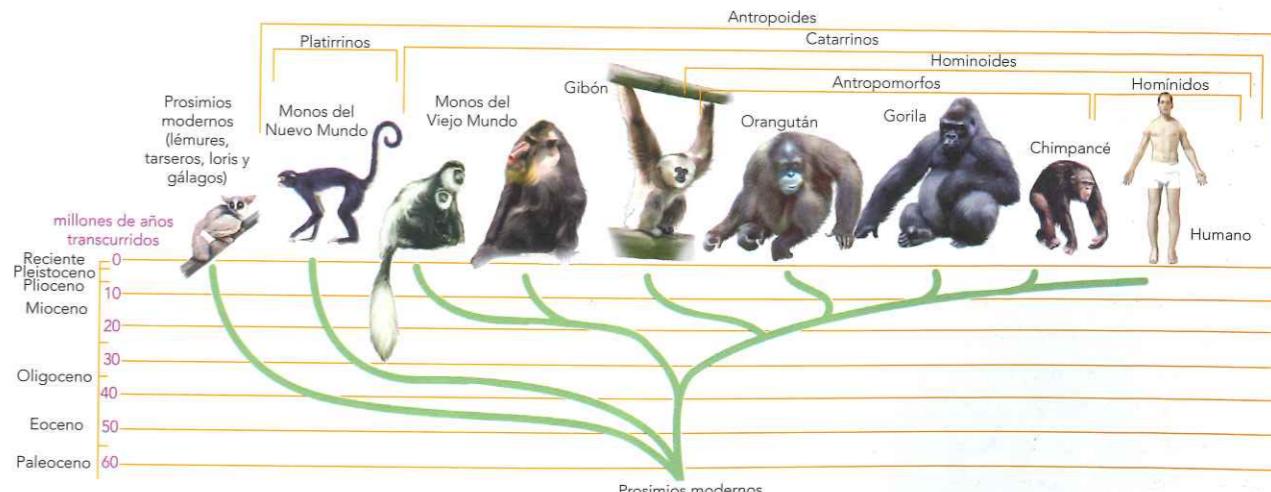


Fig. 20-7. De acuerdo con lo conocido actualmente éste sería un posible árbol evolutivo de los primates. (Fuente: Curtis, H. y Barnes, N. *Biología*. Buenos Aires, Editorial Médica Panamericana, 1993, 5^a ed.).

C 2. Analizá y explicá: ¿cuál de los siguientes párrafos te resulta más acertado?

- El hombre desciende del mono. Somos descendientes directos de los chimpancés.
- Los grandes simios son nuestros parientes vivos más cercanos. Compartimos con ellos un antepasado común más cercano temporalmente que con el resto de los primates.

Los homínidos

Si se analizan los fósiles de hominoideos encontrados hasta ahora se puede efectuar una separación entre aquellos que presentan características compartidas con los humanos y no compartidas con los grandes simios. Al conjunto de esas especies ya extintas y los seres humanos actuales se lo llama **homínidos**.

Tal vez la característica más mencionada y estudiada en términos evolutivos de todos los homínidos es la **bipedestación** o capacidad de caminar sobre los dos pies. La marcha bípeda está relacionada con una serie de adaptaciones anatómicas, tales como la posición vertical del cráneo, la mayor longitud de las extremidades inferiores, la pelvis corta y ancha, la cabeza del fémur angulosa y reforzada, la estructura de los huesos del pie, etcétera.

Esta postura corporal representó, por un lado, ciertas desventajas: menor velocidad de desplazamiento que la marcha cuadrúpeda, limitación de la agilidad, reducción de la capacidad de treparse a los árboles y dificultades en el parto por la disposición ósea. Pero las ventajas asociadas fueron un gran motor evolutivo: el aumento del campo visual y la liberación de las extremidades superiores de la locomoción que permitió sumar funciones de manipulación y acarreo.

profundización

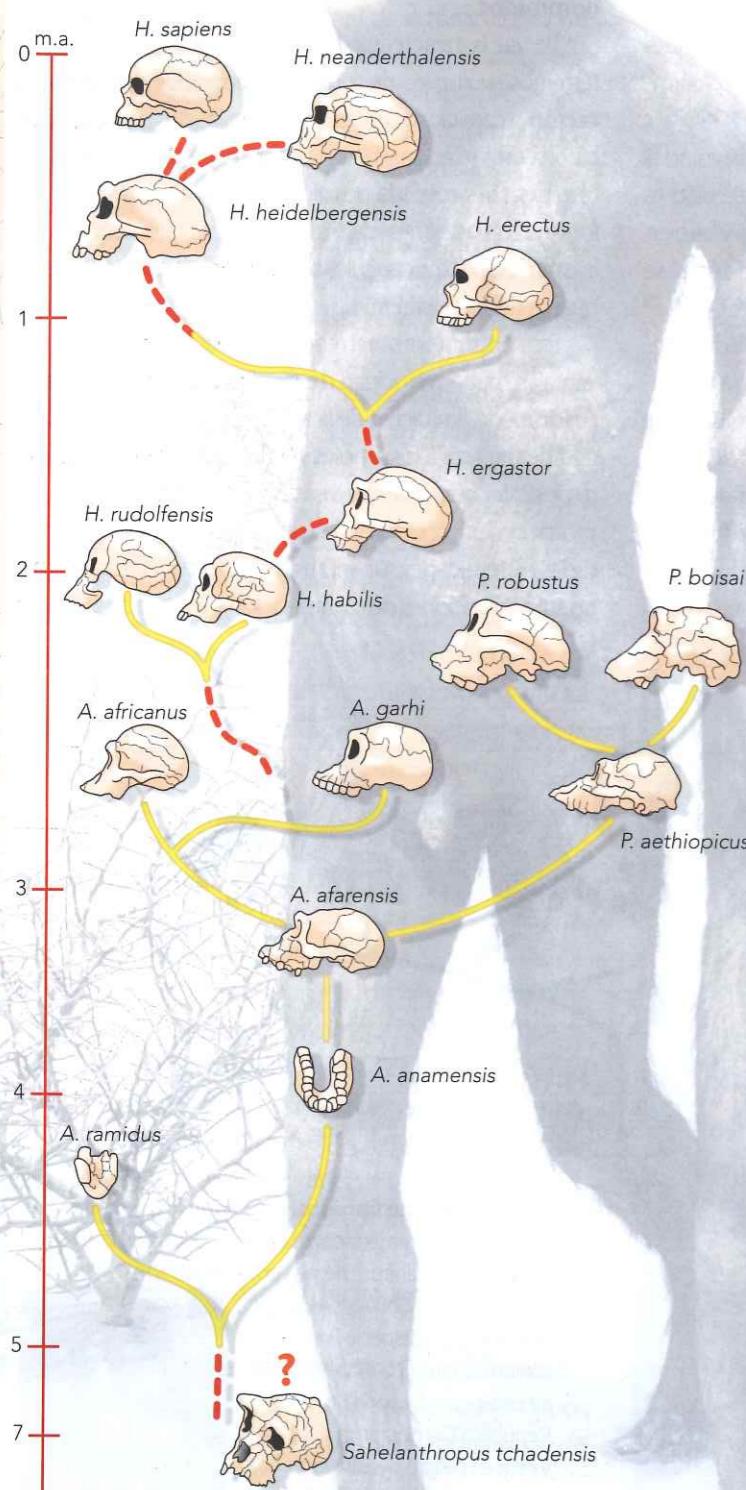
Bonobos: no tan famosos, pero muy interesantes. La especie de chimpancés más conocida es *Pan troglodytes*, y son los que habitualmente vemos en los zoológicos. Pero no es la única. ¿Conocés a los bonobos? Es la especie *Pan paniscus* (figura 20-8), que habita en una pequeña zona de la República Democrática del Congo y está en peligro de extinción. Los bonobos viven en matriarcados: la “jefa de familia” es siempre una hembra. 



Fig. 20-8. Los bonobos, unos simios muy particulares.

Evolución de los homínidos

Las interpretaciones del registro fósil de distintos homínidos llevan a los científicos a elaborar diversas hipótesis acerca de las relaciones evolutivas entre ellos. La siguiente es una de ellas.



▲ Fig. 20-9. Árbol evolutivo de los homínidos. (CC = capacidad craneana aproximada, m. a. = millones de años; imagen de fondo: representación de una pareja de *Australopithecus afarensis*. Museo de Ciencias Naturales de Nueva York).

La hominización: ¿ramas o eslabones?

Una de las interpretaciones más comunes de la evolución humana es la que se corresponde con imágenes que podemos ver en revistas de dudosa divulgación científica, en publicidades, documentales poco cuidados e incluso en chistes que recibimos en cadenas de correos electrónicos (*e-mails*). En ellas observamos una secuencia lineal que parte de un chimpancé y culmina con el hombre (figura 20-10). Si analizamos ese esquema podemos llegar a **conclusiones desacertadas**, como, por ejemplo, que "el hombre desciende del mono" en un proceso lento y gradual, en el que una especie fue sustituyendo a la otra con una tendencia a mejorar o progresar, en una línea o cadena en la cual cada eslabón representa una especie.

Esta visión tradicional, pensada como una escalera "rumbo" al hombre, en la cual se consideraba una secuencia lineal aproximada a *Australopithecus* → *H. habilis* → *H. erectus* → *H. neanderthalensis* → *H. sapiens*, persistió hasta bien entrado el siglo xx.

En cambio, la interpretación de fósiles en el proceso de hominización arroja análisis muy distintos, como el de la página anterior de **evolución no lineal**, en forma de árbol. *Las especies no desplazarían invariablemente unas a otras, sino que en algunos casos se observa una coexistencia temporal e incluso convivencia*. Éste pudo ser el caso del *H. sapiens* y del *H. neanderthalensis*. □

La visión inadecuada da la sensación de que la bipedestación y el andar erguido se adquieren gradualmente,

pero por lo que sabemos de los fósiles ese cambio no habría sido gradual: *todos los homínidos presentan bipedestación* (figura 20-11).

Si bien en el género *Homo* se observó un aumento de la capacidad craneana en relación con los australopitecos, ésta no sería una tendencia general ya que han coexistido temporalmente especies con diferentes volúmenes cerebrales.

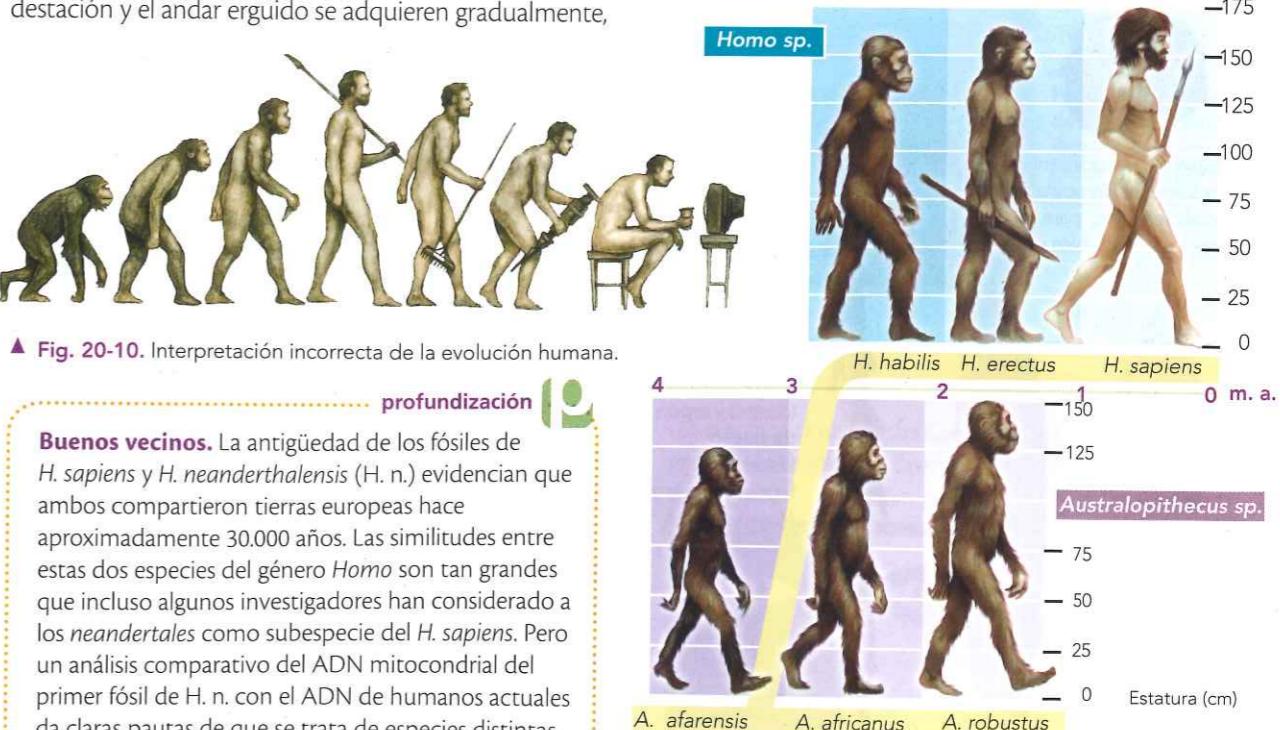
■ **Durante mucho tiempo, cuando se encontraban fósiles de homínidos, los titulares de los diarios lo anuncianaban como: "Hallaron el eslabón perdido". ¿Qué opinás acerca del anuncio planteado de esa manera?**

Surgimiento del hombre moderno

Los criterios que se tienen en cuenta para determinar el surgimiento del hombre moderno son también motivo de controversias científicas. Pero hay un cierto acuerdo en dos aspectos:

- **anatómicos:** disminución en la corpulencia y robustez de la dentadura y el aumento de la capacidad craneana;
- **de la conducta:** fabricación de herramientas de mayor complejidad y precisión, mayor eficacia para conseguir el alimento y aparición del arte.

Es decir que al pensar en la idea del *Homo sapiens* moderno debemos recurrir a la interacción entre Naturaleza y cultura.



▲ Fig. 20-10. Interpretación incorrecta de la evolución humana.

profundización □

Buenos vecinos. La antigüedad de los fósiles de *H. sapiens* y *H. neanderthalensis* (*H. n.*) evidencian que ambos compartieron tierras europeas hace aproximadamente 30.000 años. Las similitudes entre estas dos especies del género *Homo* son tan grandes que incluso algunos investigadores han considerado a los neandertales como subespecie del *H. sapiens*. Pero un análisis comparativo del ADN mitocondrial del primer fósil de *H. n.* con el ADN de humanos actuales da claras pautas de que se trata de especies distintas.

▲ Fig. 20-11. Relación evolutiva entre australopitecinos y humanos.

Aspectos culturales en la evolución humana

Durante el proceso de hominización hubo ciertos dominios culturales que sirven para develar la evolución humana; por ejemplo, la elaboración de utensilios de piedra, el dominio del fuego, la revolución agrícola y la adquisición del lenguaje.

Utensilios de piedra (figura 20-12). Los primeros útiles de piedra conocidos son los llamados *olduvaienses* (derivado de Olduvai, sitio donde fueron hallados). Se trata de útiles muy simples, cantos y rocas talladas sin una forma regular. La presencia de estos utensilios está relacionada con la incorporación de carne a la dieta y posibles hábitos carroñeros, ya que los filos servían para cortar la carne en pedazos comestibles o transportables.

En la década de 1960, el antropólogo Louis Leakey encontró una serie de artefactos como éstos de una antigüedad de 1,8 millones de años, asociados a fósiles de homínidos a los que llamó *Homo habilis*. Pero también se han encontrado junto a *Australopithecus boisei*.

Asociados a *H. erectus* se hallaron instrumentos de piedra en forma de hacha, y a *H. neanderthalensis*, útiles más elaborados con funciones como raspar, raer y cortar, vinculados (además de los hábitos alimentarios) con las necesidades de trabajar pieles para abrigo en épocas glaciares (figura 20-13).



▲ Fig. 20-12. Útiles empleados por los primitivos homínidos.

Dominio del fuego. El dominio del fuego se remonta a 700.000 años. Si bien grupos anteriores pudieron conocerlo y en ocasiones utilizarlo, se cree que el uso más asiduo corresponde en primer lugar al *H. erectus* y luego al *H. neanderthalensis*, asociado tanto a la cocción de alimentos como a la calefacción.

Revolución agrícola. Otro hito de relevancia cultural se remonta a 8.000 años a. C., cuando un grupo humano que hasta ese momento tenía hábitos cazadores-recolectores comienza, en el Cercano Oriente, a cultivar vegetales y domesticar animales. Este hecho es conocido como **revolución agrícola o revolución del Neolítico**, por la época en que ocurrió.

Adquisición del lenguaje. El lenguaje está posibilitado en los seres humanos por la posición baja de la laringe, que se adopta a partir de los dos años de vida, y esto a su vez guarda relación con la posibilidad de flexión de los huesos de la base del cráneo. Esta condición indicaría que los australopitecos no tuvieron la posibilidad del habla, en tanto que es muy probable que el *H. erectus* y el *H. neanderthalensis* hayan tenido posibilidades de comunicación gutural (también teniendo en cuenta el desarrollo de las áreas cerebrales de Broca y Wernicke, asociadas con el lenguaje). De todas maneras, el lenguaje articulado es un patrimonio distintivo del *Homo sapiens*.

Útiles más trabajados atribuidos también al *Homo habilis*. Los más antiguos (izquierda) eran piedras con un filo o borde cortante (**choppers**). Con un tallado más perfeccionado (centro) logró fabricar **hachas de mano bifaces** (con dos filos). Para tallarlas, las golpeaba con otra piedra y mientras lo hacía se desprendían trozos grandes llamados **lascas** (derecha), también utilizados como herramientas.



▲ Fig. 20-13. Representación del hombre de Neanderthal, Museo de Ciencias Naturales de Nueva York.



Sistema respiratorio:
Capítulo 8.
Funciones nerviosas complejas, el cerebro humano:
Capítulo 12.



Teoría de la evolución,
Capítulo 19.

Explicaciones de la ciencia

La intención de saber acerca del origen de nuestra especie o de la humanidad es patrimonio de muchos campos de conocimiento (Ciencias naturales y sociales, filosofía, religión, etc.). Así como las creencias religiosas de los pueblos poseen respuestas acerca de los orígenes, la ciencia ha elaborado las que pudiste ver durante este capítulo. Ambas respuestas reconfortan nuestro espíritu y ansias de saber sobre nuestro origen desde perspectivas distintas pero no excluyentes.

Darwinismo social y otras posturas reduccionistas

En la línea evolutiva podemos mencionar como pionero el trabajo de Darwin, *El origen del hombre*, publicado en 1871, donde amplía las ideas sobre el hombre como producto de la evolución que ya había enunciado en *El origen de las especies*, en 1859. Como viste en el capítulo anterior, los supuestos darwinianos provocaron un cambio de paradigma e impregnaron todo el quehacer científico biológico.

Una corriente de pensamiento a fines del siglo XIX y principios del XX intentó extender las explicaciones, que Darwin enunció para el mundo natural, a los aspectos sociales. El **darwinismo social**, cuyo referente fue Herbert Spencer, intentó, desde un punto de vista reduccionista, justificar las diferencias sociales con la idea de "supervivencia del más apto". Hoy por hoy, existe acuerdo y no se acepta extrapolar leyes explicativas del mundo biológico a fenómenos sociales que presentan aristas más complejas. Pese a algunos intentos actuales, la comunidad científica (tanto en Ciencias naturales como sociales) rechaza esta postura que acepta como "natural" las diferencias entre ricos y pobres.

En la década de 1970 surgió una nueva línea de estudios de la mano del entomólogo Edward Wilson con su

libro *Sociobiología, la nueva síntesis*. Wilson era especialista en el estudio del comportamiento de los insectos, y en su libro propone la extrapolación del comportamiento social de los insectos como producto de la selección natural a los aspectos comportamentales humanos. Un adherente a esta teoría contemporánea, Richard Dawkins, apela al papel casi determinante que tendrían los genes en nuestra conducta. Sostiene, además, que los genes tienden a su perpetuación: "Somos máquinas supervivientes, vehículos autómatas programados a ciegas con el fin de preservar las egoístas moléculas conocidas con el nombre de genes".

Pero en este caso no hay acuerdo en la comunidad científica. Investigadores como Richard Lewontin se oponen rotundamente a los supuestos de la sociobiología y sostienen que las sociedades humanas presentan un mayor nivel de complejidad y sería extremadamente reduccionista interpretarlas a partir de los comportamientos individuales, y mucho más si lo hicieramos desde el punto de vista de los genes.

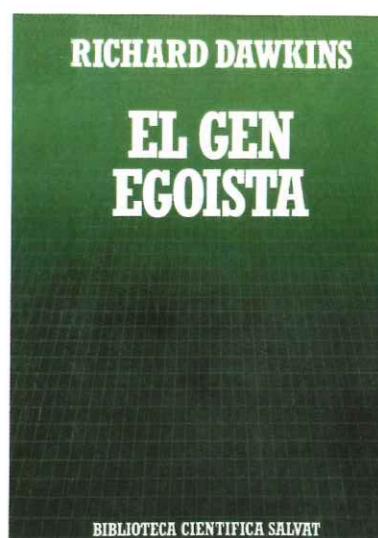


Fig. 20-14. Ejemplar de *El gen egoista* de Richard Dawkins, protagonista de un debate científico.

profundización

¿Existen las razas humanas? El racismo es una de las posturas más nefastas y tuvo consecuencias terribles durante el siglo XX; el Holocausto nazi es un ejemplo. Parte de la idea que existen razas humanas y de que algunas son superiores. En las corrientes de pensamiento actuales no se encuentran fundamentos acerca de la existencia de grupos humanos con características superiores a otros. Es más, las comparaciones genéticas entre distintos grupos poblacionales son evidencia suficiente para afirmar que no existen las razas humanas.

(En la entrevista de Nuestra Gente de la sección V vas a encontrar más información interesante sobre el tema de las razas).

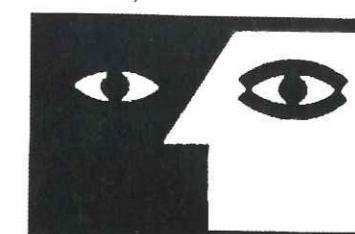
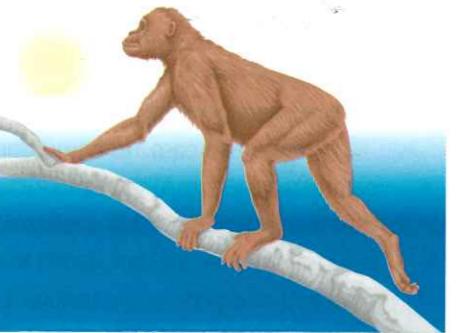


Fig. 20-15. Las comparaciones genéticas fueron concluyentes: no existen las razas humanas.

Aplicación y análisis

3. La figura 20-16 muestra una ilustración realizada a partir de fósiles de un primate encontrado en Kenia, el **procónsul**, de aproximadamente 20 millones de años de antigüedad y del cual no se han encontrado evidencias de bipedestación.



▲ Fig. 20-16. Reconstrucción hipotética del *Proconsul africanus*.

Respondé de acuerdo con las características que observás.

- a) ¿En qué subgrupo de los primates lo clasificarías?
 - b) ¿Es un hominídeo u homínido? ¿Por qué?
 - c) De acuerdo con los estudios evolutivos, *Proconsul* no sería ancestro directo de los grandes simios actuales sino que compartiríamos con él un ancestro común. Reproducí en tu carpeta el árbol de la figura 20-9 y señalá una ubicación aproximada para ese ancestro común.
5. Leé la siguiente noticia y luego contestá las preguntas en tu carpeta.

Un homínido tenía el cerebro pequeño pero era inteligente.

Septiembre de 2003 marcó un hito antropológico: un grupo de investigadores descubrió los restos del *Homo floresiensis*.

[...] Los especialistas explicaron que el cerebro del diminuto antepasado no se parece al de un humano moderno sino que se asemeja al *Homo erectus* [...] o al del primate prehumano llamado *Australopithecus*.

Del análisis del cerebro dedujeron que la baja estatura de este hombre primitivo (un metro de altura) se debe sólo a la escasez de alimentos en la isla de Flores, hoy Indonesia, y no a una enfermedad o al mal desarrollo de la masa encefálica.

El estudio del cráneo se realizó sobre la base de representaciones tridimensionales del esqueleto del ejemplar catalogado como LB1, que posibilitó la descripción y el estudio de esta nueva especie. Compararon la figura electrónica con la de los primeros homínidos: *H. erectus*, *A. africanus* y *H. sapiens*,

incluyendo un pigmeo y un humano con malformaciones cerebrales. [Y] sugieren que la masa cerebral del pequeño hombre de Flores corresponde a un tercio de la del hombre actual. Y que la forma global del cerebro es más parecida a la del *H. erectus*. Sin embargo, el LB1 muestra algunas diferencias con respecto a su pariente, ya que tiene el lóbulo temporal expandido.

El *H. floresiensis* vivió hace 18.000 años. [...] Su cerebro era del tamaño de un pomelo. Y según los antropólogos este homínido cruzó el océano y se asentó en la isla donde fueron hallados sus restos. Los autores creen también que esta criatura era astuta y que alcanzó niveles de comportamiento muy avanzados ya que existen indicios de que usó fuego y fabricó herramientas pulidas [...].

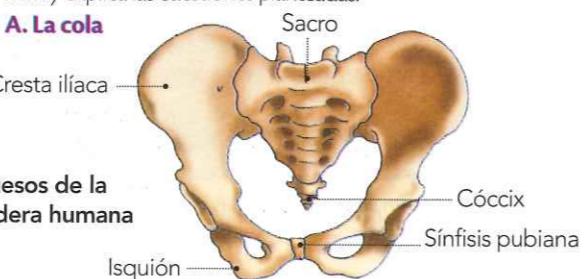
- a) ¿Por qué los especialistas clasificaron al "hombre de Flores" en el género *Homo*?
- b) De acuerdo con los datos del capítulo y los de la noticia, calculá el volumen craneal aproximado del *H. floresiensis*.
- c) Teniendo en cuenta los datos temporales y la infografía de la página 254, ¿de qué otros homínidos pudo haber sido contemporáneo?

5. Mencioná, para cada par de homínidos, dos diferencias y dos semejanzas.
- a) *Australopithecus afarensis* / *Australopithecus robustus*.
 - b) *Australopithecus afarensis* / *Homo habilis*.
 - c) *Homo erectus* / *Homo sapiens*.
 - d) *Homo neanderthalensis* / *Homo sapiens*.

6. En grupo, formulen hipótesis para explicar los siguientes hechos de la evolución humana. Busquen evidencias que sustenten sus hipótesis; recurran a bibliografía especializada en el tema.

- a) Existe una gran semejanza anatómica y fisiológica entre las personas y algunos grandes primates.
- b) La mandíbula inferior es más grande y fuerte en los homínidos más antiguos y más ligera en los más recientes.
- c) El hombre de Neanderthal se extinguío poco después de la aparición de los hombres actuales.

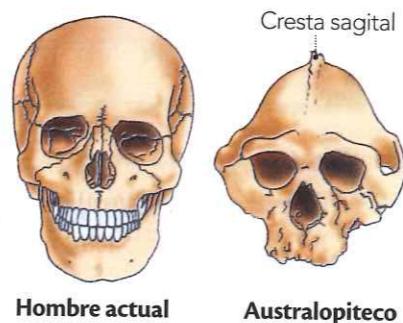
7. Analizá la estructura anatómica presentada en cada ítem y explícá las cuestiones planteadas.

A. La cola

© Santillana S.A. Prohibida su fotocopia. Ley 11.723

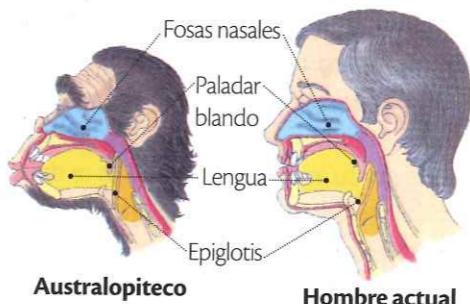
Fuente:
Clarín,
5 de marzo
de 2005.

- a) ¿La cola de los vertebrados, ¿de qué importante conjunto de huesos es prolongación? ¿Qué hueso humano es equivalente a los de la cola?
- b) ¿Qué primates poseen cola actualmente? ¿Y cuáles no la tienen? ¿Qué funciones desempeña en los que sí cuentan con ella?
- c) ¿Creés que la cola se ha "perdido" recientemente durante la evolución del hombre, o en una época anterior, en los antepasados comunes del hombre y los primates? Justificá tu respuesta.

B. La cresta sagital

Hombre actual **Australopiteco**

- a) Compara el cráneo del australopiteco con el del hombre actual. ¿Qué características han cambiado?
- b) El músculo temporal y la mandíbula del australopiteco eran más grandes que los del hombre actual. ¿Qué función desempeñaba entonces la cresta sagital?
- c) ¿Qué tipo de dieta tenían los australopitecos? ¿Por qué necesitaban un aparato masticador tan potente? Explicá la desaparición de la cresta sagital durante la evolución humana, relacionándolo con la dieta y la reducción mandibular.

C. Los órganos del habla

Australopiteco **Hombre actual**

- a) ¿En qué especie está más separada la epiglótis del paladar blando? ¿En qué especie es más grande la caja de resonancia formada por la boca y la nariz? ¿Cómo influyen estas diferencias en la producción de sonidos?
- b) Observá un cráneo de australopiteco y uno humano. ¿Cómo ha cambiado el ángulo que forma la cara con la base del cráneo? ¿Creés que eso ha influido en el aumento de tamaño de las cavidades nasal y bucal?
- c) ¿Qué importantes ventajas supuso para los homínidos la adquisición del lenguaje?

Investigación

8. En grupo, busquen en libros, revistas, diarios, avisos, páginas de Internet, etc., esquemas o imágenes que representen la evolución humana. Armen una lámina con ellas e indiquen cuáles son más adecuadas y por qué. ¿Hay alguna regularidad entre el tipo de medio consultado y la forma de representación? Efectúen una puesta en común con el resto de sus compañeros y anoten una conclusión del análisis en la carpeta.

Opinión y debate

9. Para debatir acerca de la sociobiología te proponemos que con tus compañeros simulen un programa de televisión de debate.

Para ello repartan roles (pueden sortearlos); algunos ejemplos pueden ser:

- Un sociobiólogo de la corriente de E. Wilson.
- Un sociobiólogo que represente la corriente del "gen egoísta" (Dawkins).
- Un científico que disienta con la sociobiología, al estilo Lewontin.
- El moderador del debate, que debe pensar y proponer ejes para el debate.
- Un panel con religiosos, políticos, sociólogos, etcétera. Recuerden que, más allá de las opiniones personales, todos deben hacer "el esfuerzo" de tomar la posición de sus representados.

Planifiquen la actividad con anterioridad, para tener tiempo de interiorizarse y leer más acerca de la temática. Además de la información del texto y los libros sugeridos en la página 257, recomendamos el texto *La falsa medida del hombre*, del prestigioso Stephen Jay Gould.

Uno de los ejes del debate puede ser: ¿Todos los aspectos del comportamiento humano pueden ser explicados por la "actuación" de los genes?

Organización de la información

10. Elaborá una red conceptual con estos conceptos: **Primates, hominoides, homínidos, Australopiteco, género Homo, evolución cultural, dominio del fuego, marcha bípeda, uso del fuego, capacidad craneana, instrumentos de piedra, hombre moderno.**

11. Formá un grupo con otros dos compañeros y comparen sus redes.

- a) ¿Qué enlaces de las redes de tus compañeros puedes agregar a la tuya?
- b) ¿En las tres redes se pueden identificar los mismos conceptos estructurantes?

Tras las huellas del pasado

Durante una visita a Pehuén-Có, Teresa, una niña de once años, encontró en la playa unos fósiles que, como le explicó su madre, correspondían a un gliptodonte. La madre de Teresa no era especialista en fósiles, pero como la zona había sido visitada por varios paleontólogos famosos durante muchos años, sabía sobre el tema. Entonces Teresa decidió que un día se dedicaría al estudio de estos armadillos gigantes ya extinguidos. Después estudió Geología y, al casarse, compartió con su marido la pasión por los fósiles.

Varios años después, en una tormentosa mañana de octubre de 1986, el médico Roque Bianco, marido de Teresa, y una de sus hijas, recorrieron las playas de ese balneario de la provincia de Buenos Aires. Buscaban fósiles ya que, por lo general, suelen encontrarse después de las tormentas, que erosionan los arenales de la costa. En ese momento divisaron unas huellas que acababan de aflorar y Roque corrió a buscar a su esposa. Así, Teresa, su marido y sus tres hijas fueron los únicos testigos de esa maravilla. Actualmente, ese yacimiento de huellas fósiles de Pehuén-Có se considera único en su género.

Para conocer ese maravilloso lugar nos trasladamos especialmente al balneario bonaerense, y allí entrevistamos a Teresa Manera, una de las máximas especialistas mundiales en paleoicnitas (huellas fósiles).

¿Qué es un paleontólogo?

Es el científico que estudia los fósiles y, mediante observaciones de campo y estudios detallados en el laboratorio, interpreta las "pistas" que esos fósiles le proporcionan, para reconstruir la historia de la vida en la Tierra.

¿Qué son los fósiles?

Son tanto los restos como los rastros de organismos que vivieron en épocas geológicas pasadas. Fósiles son los huesos, pero también las huellas, con las que podemos saber qué animal las produjo, y también establecer su comportamiento. Por ejemplo, vemos las huellas de un ciervo o un guanaco. Junto a ellas aparecen,



Dra. Teresa Manera

repentinamente, las pisadas de un puma. Luego las pisadas se cruzan y siguen sólo las del predador. ¿Adivinan qué pasó? El hecho de encontrar una huella en un determinado estrato es como una "foto instantánea" en el tiempo.

¿Por qué es tan importante el yacimiento de Pehuén-Có?

Porque hay miles de huellas impresas sobre la frágil plataforma de limo de 20 a 30 m de ancho, vestigio prehistórico que se extiende por casi 3 km a lo largo de la playa. Hasta ahora identificamos las pisadas de unos veinticinco mamíferos y aves. Eran abrevaderos, lugares donde los animales venían a tomar agua, y donde las aves acuáticas también se alimentaban y quizás establecían una residencia temporal. El lugar relata la vida de una comunidad variada de mamíferos y de aves, asociados con ambientes de agua dulce. Además, este yacimiento es muy importante por su antigüedad, las huellas se dataron con el método de C14, sobre la base de restos vegetales que aparecieron en los distintos estratos o capas, lo que nos permitió saber que esos animales vivieron en la zona unos ciento veinte siglos atrás. Por eso es un lugar único.

¿Cómo se formaron las huellas?

En el último millón de años, el nivel del mar tuvo oscilaciones en su nivel. Cuando el clima era frío y seco el mar descendía, y cuando era húmedo y cálido, ascendía. Hace aproximadamente 12.000 años, el clima se volvió frío y seco, y se produjo un descenso. En el lugar que

ahora ocupa la costa había una planicie con vegetación de pastos secos y con depresiones que se convertían en lagunas durante las lluvias torrenciales. El agua arrastraba el barro de las barrancas cercanas y se formaban ambientes de agua dulce con suelos arcillosos. Con clima seco, la laguna se iba secando y cuando los animales venían a tomar agua, dejaban las huellas. Cuando se producía otra lluvia, el nuevo aporte de barro cubría las huellas anteriores y se formaba una nueva capa. Así tenemos capas y capas de huellas sucesivas, que se conocen con el nombre de **paleoicnitas**, y que están impresas en los barros ancestrales (**limolitas**). En la actualidad, el mar las va descubriendo, las va erosionando, aparecen nuevas y otras se van perdiendo. Las capas, además, siguen por debajo de los médanos.

¿De qué animales son las huellas que se ven?

Hay pisadas de mamíferos y de aves, algunos extinguidos y otros que actualmente viven pero no en la región. Se destacan las de milodonte, oso, paleolama (un guanaco gigante), mastodonte, macrauquenia, caballo, y aves como flamenco, pato, ñandú, y cientos de pisadas de chorlitos. Pero las más impresionantes son enormes (casi 90 cm de largo por 44 cm de ancho) y corresponden a las patas de los **megaterios**, mamíferos emparentados con el perezoso, que median 4 m de altura y pesaban unas 4 toneladas. Además, en el sitio se encontró la única huella que se conoce de un **gliptodonte** (un armadillo gigante).

¿Por qué hay una sola pisada de este animal?

Nuestra conclusión es que al gliptodonte no le convenía lo blandito de estos ambientes y su visita, entonces, era muy ocasional.

Volvamos con los megaterios.

De estos animales se ven sucesiones de sus pisadas, llamadas **rastrilladas**, en las que se notan, incluso, las marcas de sus garras. También tienen trazas de pelos, evidencias de un pelaje que cubría todo su cuerpo. Y eso es importante porque algunas teorías decían que la piel de



▲ Las grandes pisadas de los megaterios dan idea de su peso y su tamaño y sirven para estudiar sus comportamientos.

los megaterios tenía un aspecto similar a los elefantes actuales. También hay huellas de **milodonte**, otro perezoso pero más pequeño, con las que también podemos conocer su comportamiento. Se ve que caminaba en dos patas y que, en un momento, se enterró demasiado y apoyó las manos, con lo cual quedaron grabadas las cuatro extremidades. El animal vino a tomar agua y después giró y se retiró en dos patas.

¿Hay huellas que son más importantes que otras?

Todas son importantes. Relatan la vida de una comunidad de animales asociados con un ambiente de agua dulce. También nos informan sobre el tipo de marcha de los animales extinguidos, algunos que vivieron exclusivamente en esta zona. La gran cantidad de huellas de perezosos gigantes hace que el sitio sea excepcional para estudiarlos. También hay trazas de invertebrados, cosa no tan común. Por ejemplo, se descubrieron rastros de un invertebrado fósil (*Taenidium*) junto con huellas de patos.

Esto es interpretado como que el sitio era un ambiente de llanura de inundación fluvial. ▶



Hoja de vida

Teresa Manera
Geóloga y paleontóloga. Es investigadora y docente auxiliar de la Universidad Nacional del Sur (Bahía Blanca) y directora honoraria y asesora científica del Museo Municipal de Ciencias Naturales Carlos Darwin, de Punta Alta. En el año 2004 ganó el premio Rolex a la iniciativa. Es un premio en dinero, entregado por la conocida empresa relojera, como estímulo a quienes hacen contribuciones sobresalientes en distintos campos de la actividad humana.

Los investigadores destapan las huellas cubiertas por la arena, con palas y baldes, para poder tomar medidas y hacer los moldes. ▼



¿Por qué tanto apuro en proteger las huellas, si han estado en la playa por miles de años?

El cambio climático está produciendo una elevación del nivel del mar. Las olas van des- cubriendo las huellas, pero también las ero- sionan. Además, el sitio está ubicado entre dos localidades balnearias (Monte Hermoso y Pehuén-Có) y los turistas circulan por la playa con vehículos 4x4 y cuatriciclos, pasando sobre las plataformas de rocas donde están las huellas y rastrilladas, a pesar de los carteles de adver- tencia que hemos colocado. Después de estar va- rios milenios bajo la arena, las huellas no podrán soportar muchos años más de turismo.

¿Y cuál es la solución?

Una de las soluciones es conseguir que el go- bierno construya una carretera alejada de la costa. Pero la verdadera solución es que se aplique la ley provincial 13.394 que declara reserva al yacimiento de huellas. Esta reserva incluye también las huellas humanas de Monte Hermoso (encontradas en 1991 y que tienen unos 7.000 años de antigüedad) y la farola de Monte Hermoso (lugar que visitó Darwin en 1832 y 1833). Pero esta ley aún no está regla- mentada y es una condición necesaria para que se elabore un plan de manejo de la reser- va y haya guardaparques para hacer efectiva la protección.

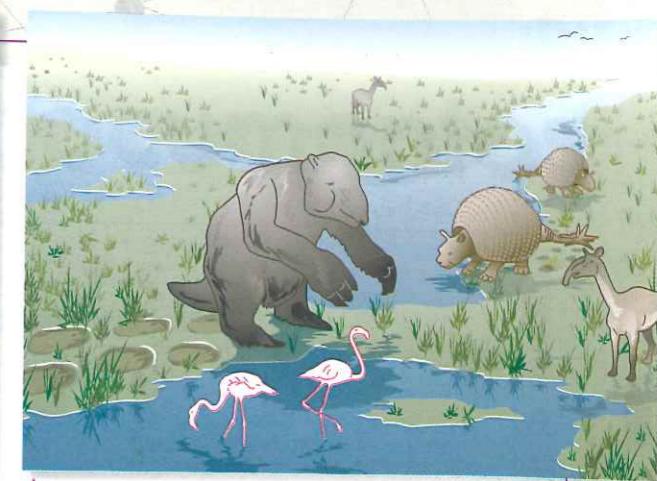
¿Aun impidiendo el acceso de vehículos a la playa, la erosión del mar no terminaría borrando las huellas?

Eso es cierto. Cuando eso ocurra, el único re- cuerdo que tendremos serán los moldes y los estudos científicos.

¿Cómo hacen esos estudios los paleontólogos?

El registro de los datos en el campo es vital para la correcta interpretación de los fósiles. Antes de extraerlos se debe obtener toda la información posible, tanto relacionada con la roca que los contiene como con los mis- mos fósiles: ubicación, posición, relaciones con otros fósiles. Por eso deben ser extraídos sólo por los especialistas. En el caso de las huellas, una excelente manera de obtener información es la confección de moldes que permiten registrarlas en tres dimensiones y replicarlas, tanto para estudiarlas como para exhibirlas en museos y salas de interpretación. Hay diferentes materiales que sirven para ha- cer moldes; el más barato es el yeso, pero tiene muchas contraindicaciones: el molde es rígido y al extraerlo produce daños en el material original. Además, es muy pesado y se deteriora fácilmente. Por eso es mejor utilizar materiales flexibles, como el látex y el caucho siliconado. El látex es bastante económico, pero no se puede guardar por largo tiempo

Los moldes de las huellas están en el Museo de Punta Alta a disposición de los científicos de todo el mundo.



Recreación de una escena que ocurrió 12.000 años atrás en una planicie inundada por las lluvias torrenciales. No sabemos aún si nuestros antepasados humanos estuvieron presentes allí. Gentileza Rolex Award.

porque se degrada. El caucho siliconado es mucho más caro, pero es muy duradero y permite obtener una gran cantidad de copias. Utilizado en finas capas aplicadas con pincel y engrosándolo con capas de gasa, permite confeccionar moldes relativamente baratos. A todo esto se le realiza un "respaldo" con resina y fibra de vidrio y/o con poliuretano, para que el molde de caucho mantenga la forma y las dimensiones de la huella. Todos los mol- des están en el Museo de Ciencias Naturales Carlos Darwin de Punta Alta.

¿Convivieron estos animales con el hombre?

En Pehuén-Có se encontraron dos huellas hu- manas aisladas, pero no tenemos aún la evi- dencia de la capa, para asegurar que estaban junto con la megafauna. Es el mismo material

pero carecemos del fundamento científico concluyente. Lo lógica indica que estaban, eso es lo que estamos buscando.

¿Cuál es el futuro del sitio paleoicnológico?

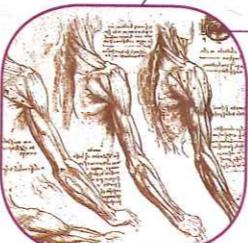
Lo que falta es concretar la reserva, y hasta que no esté oficializada la ley de protección, el cuidado del sitio depende sólo de los car- teles y de nuestra presencia permanente durante el verano, que es la época de mayor flujo turístico en el área. En un futuro nuestra idea es recrear con los moldes, en otro lugar de Pehuén-Có, un parque temático, que sirva de recurso turístico, pero que no afecte el lugar de las huellas. La cantidad y variedad de las pisadas y su buen estado de conservación, hacen que resulte un sitio importante, único en su género. ■

además

Lo que Darwin no vio

El 22 de septiembre de 1832 Charles Darwin descubrió fósiles en una barranca de Punta Alta. Era la primera vez que veía fósiles de vertebrados en su viaje alrededor del mundo a bordo del bergantín *Beagle* y, como hacen actualmente los paleontólogos, determinó con precisión el es- trato en el cual estaban localizados. Al día siguiente retornó mejor equipado, listo para cavar, y después de tres horas de duro trabajo consiguió extraer el cráneo de un *Scelidotherium*. En días posteriores extraió los huesos de otros perezosos gigantes y de un enorme armadillo. En octubre de ese mismo año visitó las barrancas de color ladrillo que se conocen en la actualidad como Farola Monte Hermoso, y allí encontró fósiles de roedores. Pero lo que Darwin no vio fueron las huellas de Pehuén-Có. En 1987, Richard Keynes, bisnieto de Darwin, visitó la zona, y como recuerdo de ese viaje escribió en su libro *Fósiles, pinzones y fueguinos* que "[...] lo que Charles no vio, pero hubiera disfrutado inmensamente, fueron las rastrilladas de *Megatherium* [...] sobre las playas de Pehuén Có, descubiertas en 1986".

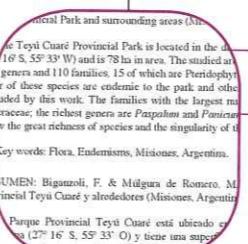
Trabajar con documentos



Aprendamos a “leer y escribir ciencias”

- Trabajar con las fuentes en biología
Los tipos de texto
Una mirada en el tiempo
El idioma de los científicos

266
266
266
267



El artículo científico o paper

- ¿Cómo es un artículo científico?
La “cocina” de los artículos científicos
¿Cómo podemos trabajar con artículos científicos?

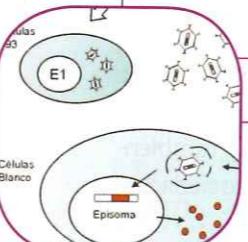
268
268
269



El libro de ciencias

- Los libros de texto científicos
¿Cómo es un libro de ciencias?
¿Cómo podemos trabajar con libros de ciencias?

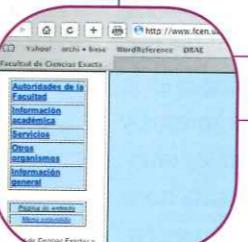
270
270
271



El póster científico

- Los congresos científicos y los pósters
¿Cómo es un póster?
¿Cómo podemos trabajar con pósters?

272
272
273



La página de Internet

- Buceando en la Red
¿Cómo podemos trabajar con las páginas de Internet?

274
275



Actividades finales

276

Índice

Aprendamos a "leer y escribir ciencias"

En esta sección trabajaremos con textos diseñados para la difusión de la ciencia entre los diversos públicos interesados; algunos de ellos han sido escritos por científicos y otros por "divulgadores" (periodistas, profesores). Utilizaremos los textos como **fuentes** para aprender *contenidos de biología* (información, modelos, hipótesis, evidencias, etc.) y la *naturaleza de la biología* (cómo se elabora, cuál es su método, etc.). Pero también, al trabajar sobre los textos, aprenderemos cuestiones sobre **cómo se comunican las ciencias**: formatos, autores, destinatarios, referencias, etcétera.

Trabajar con las fuentes en biología

En diferentes lugares de este libro destacamos la importancia crucial de los procesos de comunicación durante la construcción de las ciencias naturales. El producto de la actividad científica no termina de transformarse en conocimiento científico genuino hasta que no queda escrito, publicado, difundido, examinado, discutido y consensuado. Un componente esencial del método científico, entonces, son los procesos necesarios para *hacer saber a otros lo que se va conociendo e investigando sobre el mundo natural*.

Los científicos y las científicas se comunican entre sí mediante numerosos y diversos procedimientos y utilizando una variedad de instrumentos. Nos interesa conocer algunos de esos instrumentos porque podemos transformarlos en **fuentes de información** para aprender y conocer más sobre la biología. En esta sección examinaremos algunas formas de comunicación científica y te daremos "pistas" para que aprendas a usarlas durante el trabajo individual o en grupo, en clase y fuera de ella.

Los tipos de texto

Cada científico o científica "inventa" sus propios registros de ideas, datos, mediciones, hipótesis, problemas, soluciones, impresiones y conjeturas que surgen en su trabajo diario; puede usar, por ejemplo, cuadernos de laboratorio, apuntes, dibujos, esquemas. Sin embargo, cuando comunica a sus colegas los productos de su investigación utiliza formatos estandarizados y aceptados por la comunidad. A esos formatos los podemos llamar tipos de texto que se usan para hablar y escribir en el ámbito de las ciencias naturales.

Entre los tipos de texto más utilizados en la ciencia actual se encuentran el informe de laboratorio, el artículo científico, la comunicación breve a una revista, el informe técnico, el póster, la presentación oral en un

congreso, la tesis, la conferencia y el libro. Todos éstos se utilizan dentro de la comunidad científica para hacer circular la información y las ideas. Pero también hay tipos de texto a los que los científicos y las científicas recurren para que el conocimiento llegue a la sociedad, es decir, para **divulgar** o **popularizar** la ciencia. Las notas periodísticas, las charlas, las páginas de Internet, los documentales de televisión son algunos de ellos.

En las siguientes páginas encontrarás descripciones de algunos tipos de texto científicos y actividades para realizar sobre ellos, junto con ejemplos y fuentes para conseguirlos.

Una mirada en el tiempo

Los tipos de texto científicos van cambiando a lo largo del tiempo. En cada época, la comunidad científica diseñó las mejores formas de comunicar (a menudo adaptándolas de las herramientas de comunicación de la vida cotidiana); los científicos lo hacían de acuerdo con los objetivos que querían alcanzar y con los recursos que tenían en ese momento, y también según las expectativas y los valores de las sociedades a las que pertenecían.

En otros momentos de la historia, las canales de comunicación entre los científicos eran menos variados, pues la humanidad contaba con muchas menos tecnologías de la información y la comunicación que en la actualidad: ¡sólo había textos manuscritos e impresos, y la comunicación oral sólo era posible cuando los interlocutores estaban en un mismo lugar a la misma hora! Sin embargo, en esos tiempos –antes del siglo xx– había más diversidad en los textos, puesto que la ciencia no era aún una actividad profesionalizada e institucionalizada y no había tantas reglas establecidas acerca de cómo comunicar. En las figuras 1, 2 y 3 podrás ver "qué cara tienen" varios textos científicos de otras épocas.



Comunicación científica:
capítulo 1.

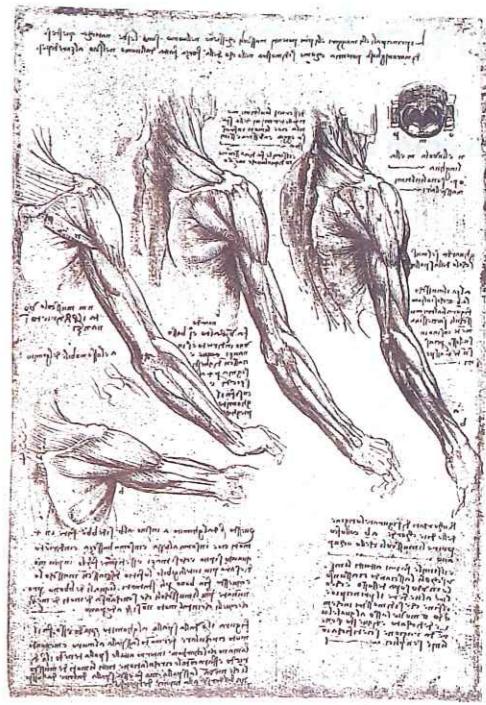
El idioma de los científicos

Otra cuestión importante que moldea la comunicación en las ciencias es la necesidad que tienen los científicos y las científicas de hacerse entender por sus colegas de todas partes del mundo. Por eso es fundamental la creación de un **lenguaje común**, con términos aceptados por toda la comunidad científica, para que quienes reciban un texto científico puedan **decodificarlo**: entender con la mayor precisión posible a qué se está refiriendo su autor.

El **lenguaje científico** es un conjunto de términos para nombrar objetos, eventos, fenómenos, procesos, abstracciones e ideas, de modo de asegurarse que toda la comunidad científica está más o menos "hablando de lo mismo" cuando utiliza esos términos.

Además de emplear el lenguaje científico, los textos tienen que estar escritos en un idioma más o menos entendible para sus destinatarios, que están repartidos por todo el planeta. Se van dando así procesos espontáneos por los cuales la comunidad científica "elige" una lengua para comunicarse. Esa lengua es seleccionada por su sencillez y versatilidad, por un lado, pero también por cuestiones políticas, económicas y tecnológicas, por ejemplo, el número de hablantes, la cantidad y calidad de la ciencia que se hace en los países que tienen esa lengua oficial, el alfabeto con que se la escribe.

Desde finales de la Segunda Guerra Mundial, el *idioma de las ciencias naturales* es el inglés. Esto no significa que el resto de los idiomas no se utilicen en la comunicación científica, pero ellos tienen, en general, un alcance mucho más limitado, y se reservan para la difusión local o regional de las ideas o para la divulgación de las ciencias en la sociedad.



▲ Fig. 2. Página de uno de los cuadernos de notas de Leonardo da Vinci (alrededor de 1489), mostrando parte de la musculatura humana. Se puede considerar este texto como un antecedente directo de los cuadernos de laboratorio, en los cuales los científicos actuales llevan registro de los procesos y productos de su investigación.

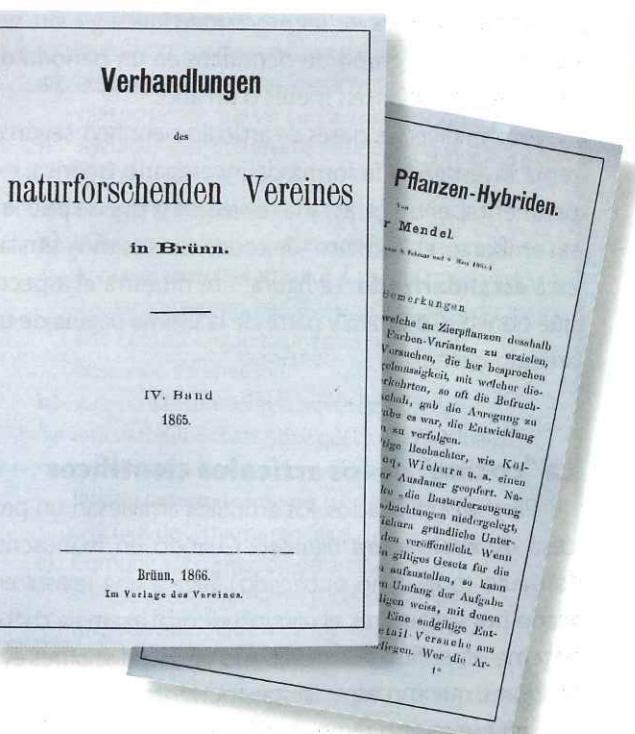


Fig. 1. Página del libro de Isaac Newton, Principios matemáticos de la filosofía natural (1687). Observa que está en latín, el idioma generalmente usado en la época para la comunicación entre los científicos, como hoy sucede con el inglés.



▲ Fig. 3. Publicación original de Gregor Mendel, el "padre de la genética". Gregor Mendel "Versuche über Pflanzen-Hybriden", Verhandlungen des naturforschenden Vereines, Bd. 4 (Brünn, 1866). Brno, Biblioteca de la Abadía de Santo Tomás, II.G.b.6. (Fuente: www.mendel-museum.org).

El artículo científico o paper

¿Cómo es un artículo científico?

Las **revistas científicas de publicación periódica** (por lo general mensuales o bimestrales) constituyen el espacio de comunicación privilegiado para que científicos y científicas expongan su trabajo y comuniquen a otros sus ideas, hallazgos, resultados y conclusiones.

Las revistas científicas pueden ser muy genéricas, es decir, aceptar trabajos de cualquier tema de las ciencias naturales (como las famosas publicaciones *Nature* y *Science*); más centradas en alguna disciplina específica (por ejemplo, revistas de biología o de física); o enfocadas en una rama o temática particular del conocimiento (por ejemplo, en biología, revistas sobre la evolución humana).

Los **artículos** publicados en revistas científicas son la forma más habitual de comunicación entre los científicos: resultan de fácil acceso en las bibliotecas o a través de Internet. Éstos no tienen la forma de un artículo convencional (no se parecen mucho a los que podés ver en diarios y revistas de gran circulación), en general se los llama con su nombre en inglés, **paper**.

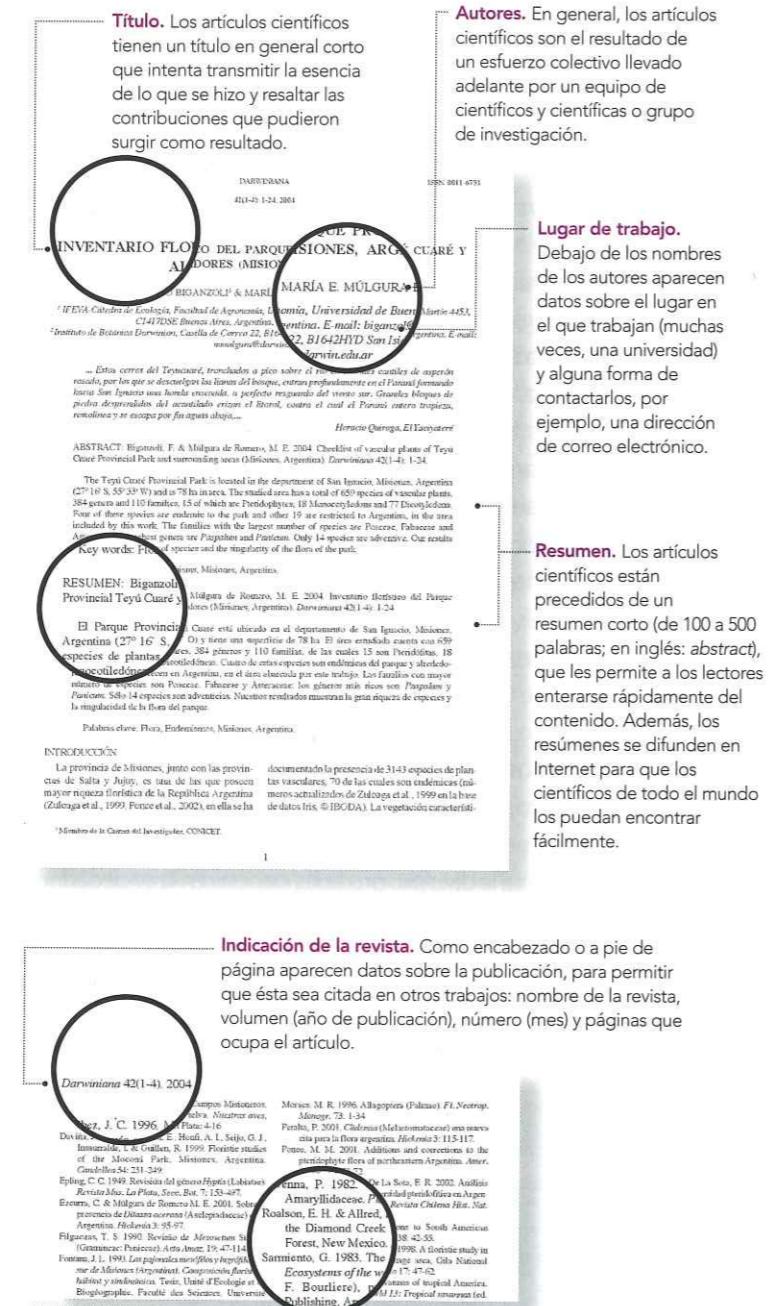
El artículo científico es un texto más o menos corto (menos de veinte páginas), destinado a comunicar los **resultados parciales de un proceso de investigación**, generados por un grupo de científicos en un período de aproximadamente seis meses o un año.

Existen diversas clases de artículo científico, según el tema investigado, la forma de investigarlo (teórica, experimental, entre otras) y la revista en la que se publica; sin embargo, el "formato" de todos ellos es muy similar: está **estandarizado**. La figura 4 te muestra el aspecto que tienen la primera y parte de la última página de un artículo científico.

La "cocina" de los artículos científicos

Para ser publicados, los artículos atraviesan un proceso de **evaluación** riguroso. Cuando un manuscrito (artículo todavía no publicado) llega a una revista enviada por sus autores, el comité editorial examina cuál es el tema específico del trabajo y lo envía a dos o tres evaluadores, que son especialistas mundialmente reconocidos en ese mismo tema. Los evaluadores no conocen el nombre de los autores y ellos tampoco saben quiénes lo evalúan; por eso, el sistema se llama "**doble ciego**". Este sistema de evaluación permite ser más "objetivo" en los juicios, evitando preferencias o amiguismos.

Terminada la evaluación, y quizás modificado, el artículo puede ser aceptado para que se publique en la revista. El proceso completo puede durar un año.



▲ Fig. 4. El artículo científico cumple con diversas reglas de forma. En estos fragmentos de la página inicial y la página final de un artículo podés ver los elementos formales que contiene. (Fuente: www.darwin.edu.ar)

¿Cómo podemos trabajar con artículos científicos?

Te proponemos trabajar sobre artículos científicos de divulgación. Estos artículos no están destinados a la comunidad científica sino a un público más masivo, pero están escritos por los mismos científicos que generaron algunas de las ideas y descubrimientos relacionados en ellos (ver abajo, "Fuentes para el trabajo").



1. Sobre el autor o la autora

- ¿Quién firma el artículo?
- ¿Se indica el lugar de trabajo de este científico? ¿En qué país trabaja y para qué tipo de institución (universidad, instituto de investigación, organismo gubernamental, empresa privada, etcétera)?
- ¿Qué se dice sobre él en la revista? ¿Dónde aparece la información biográfica?
- ¿Qué otros datos del científico pueden extraerse del propio texto? ¿Cuenta el autor cosas de su vida o de su trabajo?
- ¿De dónde podrías obtener más información sobre el autor? Buscá algunos elementos clave: fecha y lugar de nacimiento, estudios, área de trabajo, principales contribuciones a la ciencia, algunas publicaciones, reconocimientos y distinciones recibidas.

2. Sobre la investigación relatada

- ¿De qué se habla en el artículo? ¿Cuáles son la disciplina, el área, la temática y el problema estudiados?
- ¿Estudiaste algo sobre el tema del artículo en la escuela? ¿En qué materia y año? ¿Qué recordás?
- ¿Aparecen ese mismo tema o algunos temas relacionados con él en este libro? Identificá la sección, el capítulo y la página, y justificá por qué decís que ambos textos abordan el mismo contenido científico.
- En el artículo, ¿qué ideas principales se sostienen? ¿Qué información trata de divulgar el autor?
- ¿Qué tipo de investigación se relata en el artículo? ¿Se describen experimentos? ¿Se presentan resultados? ¿Se avanzan conclusiones? ¿Cuáles?

3. Sobre el texto

- Para saber rápidamente de qué trata el artículo, ¿qué cosas podrías mirar (título, resumen, figuras, conclusiones, etcétera)?
- ¿Cómo está estructurado el artículo? ¿En qué secciones está dividido? ¿Cómo se introduce, desarrolla y cierra el tema?

Fuentes para el trabajo:

- Revista Ciencia Hoy. Asociación Civil Ciencia Hoy. Argentina.
- Revista Exactamente. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA. Argentina.
- Revista Investigación y Ciencia. Prensa Científica S.A. España.

Nota: Algunos de los artículos de estas tres revistas están disponibles gratuitamente en Internet.

El libro de ciencias

Los libros de texto científicos

Los libros han desempeñado, desde siempre, diversos papeles de gran relevancia en la construcción y comunicación de las ciencias naturales. Antiguamente, los libros eran el vehículo principal de diálogo entre científicos y científicas, junto con las cartas personales (**correspondencia**). A partir del siglo XVIII, y sobre todo después de la Segunda Guerra Mundial, los libros fueron crecientemente desplazados de su lugar de preponderancia por los artículos o *papers*.

Sin embargo, diversos tipos de libros son aún hoy muy importantes para la ciencia. Veamos algunos de ellos.

■ **El libro de texto.** Se trata de un libro enfocado en una disciplina completa (por ejemplo, biología) o en alguna subdisciplina (por ejemplo, genética) y destinado a la formación de las nuevas generaciones de científicos y científicas a nivel universitario (inicial, avanzado o de posgrado). Se parecen bastante a los que se usan en otros niveles del sistema educativo (como éste): incluyen información, definiciones, lecturas de profundización, aplicaciones, ejercicios, imágenes, tablas, gráficas, etcétera.

■ **El libro especializado.** Es un texto escrito por uno o varios científicos en el que se exponen resultados y conclusiones de varios años de investigación, se sistematiza un campo de trabajo, se proponen teorías o modelos científicos, o se profundiza en debates y controversias. Este tipo de libro, según los lectores a los que está dirigido, puede tener un estilo científico "puro" o más o menos divulgativo.

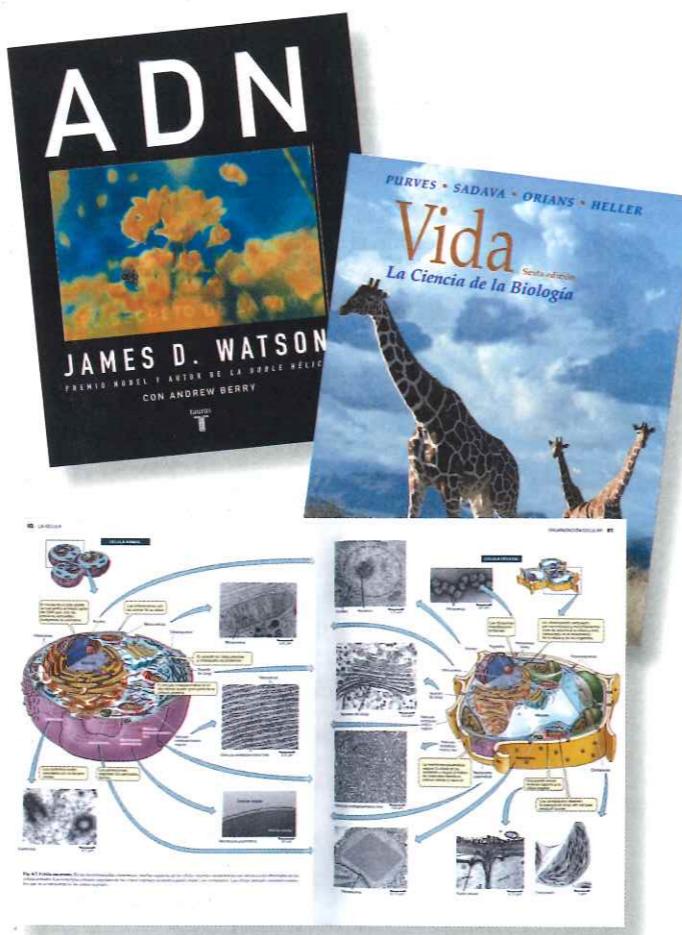
■ **La compilación.** Podemos llamar así a un libro que recoge y agrupa capítulos de diferentes autores y autoras que escriben sobre un mismo tema, aportando diversos resultados, perspectivas y abordajes teóricos o experimentales. Este tipo de libro siempre tiene uno o más "responsables" (se los llama de varias maneras: editores, compiladores, directores, coordinadores), que establecen el tema, convocan a los científicos que participarán, corrigen los capítulos y escriben una introducción general.

■ **El manual o handbook.** Éste es un tipo de libro parecido al anterior, escrito por muchos autores. La diferencia está en que el *handbook* pretende comunicar en forma compacta todo lo que se sabe en un determinado momento acerca de un campo de investigación específico. Así, el *handbook* sirve de referencia

para "tener a mano" (de allí su nombre) en forma rápida y sencilla los resultados de la investigación de los últimos años en un tema.

¿Cómo es un libro de ciencias?

En general, los libros científicos se parecen mucho, en su formato, a cualquier otro. Los libros escritos por especialistas tienen una estructura tradicional, con partes, secciones, capítulos, apartados, etc. Las diferencias fundamentales están en la naturaleza del lenguaje verbal usado (que es muy técnico, imposible de leer para quienes no conocen la materia con cierta profundidad) y en la presencia de otros lenguajes especializados (fórmulas, ecuaciones, figuras, fotos, tablas, gráficos, esquemas, etc.). También aparecen herramientas específicas para ayudar a los lectores a sacar el máximo provecho de ellos, por ejemplo, los índices analíticos, que señalan en qué páginas aparecen explicados o tratados los términos técnicos más importantes que se emplean.



▲ Fig. 5. Algunos libros de ciencias.

¿Cómo podemos trabajar con libros de ciencias?

Existe una enorme oferta de libros de ciencias que podés utilizar para profundizar en temas específicos de biología o para conocer más acerca del "detrás de escena" de la investigación biológica. Te proponemos realizar la siguiente actividad que te ayudará en la selección.



1. Elegir una buena lectura

Los libros científicos cubren un amplio espectro de formatos, propósitos y calidades. Por ello, lo primero que hay que hacer al elegir uno es determinar en qué género se incluye, es decir, cuáles son sus objetivos, estilo y destinatarios. Por ejemplo, hay biografías y autobiografías de científicos, libros de ensayos, historias de un determinado campo científico, libros donde se explica en forma sencilla un tema de ciencias, libros que responden preguntas sobre la ciencia que el público general se hace frecuentemente, etc. (ver abajo, "Algunos libros..." y en la página 277).

En el camino de tomar decisiones pueden ayudarte las siguientes cuestiones:

- ¿Cómo supiste de la existencia del libro? ¿Alguien te lo recomendó? ¿Leíste una reseña (resumen crítico) en la prensa o en Internet? ¿Leíste el texto de la contratapa o la introducción?
- El libro ¿apunta a profundizar en un contenido de ciencias específico? ¿Pretende resumir el "estado de la cuestión" de un tema (esto es, lo que hoy se sabe sobre ese tema)? ¿Sienta opiniones fundamentadas o toma posturas en asuntos debatidos o controversiales? ¿Presenta un enfoque narrativo contando la historia de un campo de investigaciones, con anécdotas, datos y biografías? ¿Está estructurado alrededor de preguntas? ¿Tiene capítulos escritos por diferentes autores?
- La complejidad de los contenidos y del lenguaje del libro ¿te permiten una lectura autónoma o grupal? En caso negativo, ¿quién puede ayudarte (profesores, padres, científicos, entre otros)? ¿Se puede "sacar jugo" al libro en el tiempo destinado a la actividad (pautado en clase con tu profesor o profesora)?
- ¿Qué cosas nuevas vas a aprender con la

lectura del libro? ¿Complementará los temas vistos en clase? ¿Aportará una perspectiva histórica? ¿Te presentará científicos y científicas famosos que contribuyeron al campo?

2. Manos a la obra

Una vez elegido el libro y acordada la modalidad de trabajo (leer individualmente o en grupo con tus compañeros y compañeras, leer el texto completo o fragmentos seleccionados, leer sólo en casa o también en clase, etc.), las siguientes recomendaciones te pueden ayudar a disfrutar más de la lectura y a poder compartirla con otros:

- Antes de iniciar la lectura, extraé del libro toda la información posible revisando el índice, los textos de presentación (contratapa, prólogo, introducción, conclusiones, resúmenes, figuras). Hipotetizá: ¿qué esperás encontrar en el libro?
- Guardá un registro lo más completo posible de lo que ya leíste. Inventá una forma de resumir lo que leés, de encontrar los puntos principales o más llamativos en el libro, de ubicar rápidamente lo más importante, de recuperar citas textuales que te puedan ser útiles. Podés usar: hojas de resumen, fichas, subrayado, resaltado, papelitos de colores, códigos puestos en el margen, etcétera.
- Ensáy diversas formas de comunicación de lo que leíste. A medida que avances en la lectura, contales a tus compañeros, profesores y familia lo que fuiste entendiendo, lo que más te gustó, impresionó o emocionó.
- Usá el libro como "trampolín" para nuevas lecturas. Buscá más información (en otros libros, en Internet, preguntando a distintas personas) sobre lo que leíste, sobre los puntos que no te quedaron claros, sobre los temas que estaban poco desarrollados en el libro, sobre los personajes que se mencionan.



Algunos libros de biología para trabajar:

- Cazadores de microbios*. Paul de Kruif. México, colección "Sepan cuántos" de la Editorial Porrúa. (Una posible historia de la microbiología, con personajes y eventos).
- La doble hélice*. James Watson. Barcelona, Biblioteca Científica Salvat. [Narración de un descubrimiento (la estructura del ADN) contado por su autor].
- El pulgar del panda*. Stephen Jay Gould. Barcelona, Editorial Crítica. (Libro de ensayos sobre la teoría de la evolución).
- La nuca de Houssay*. Marcelino Cereijido. Buenos Aires, Fondo de Cultura Económica. (Simpática autobiografía de un científico argentino).

El póster científico

Los congresos científicos y los pósters

Los resultados que va generando un científico o una científica en el curso de sus investigaciones, son de gran interés para los colegas que trabajan en la misma temática. Por ello, es importante disponer de espacios de intercambio (**foros**) en los cuales puedan comunicar y discutir sus ideas, avanzar resultados y conocer gente que pueda aportar al propio trabajo. Genéricamente, a estos foros se los llama **congresos científicos**, aunque a veces se usan nombres específicos para caracterizar el tipo de congreso de que se trata (según la duración, la cantidad de participantes, las características de las aportaciones presentadas o su grado de avance); entre estos "rótulos" podemos encontrar: **reunión, seminario, simposio, escuela, encuentro**, etcétera.

En los congresos científicos se presentan trabajos con diversas modalidades. Las más usuales son: la **conferencia plenaria** o principal (una persona considerada experta en el campo habla frente a todo el público), la **comunicación oral** (en una sección más pequeña del congreso, científicos y científicas presentan oralmente sus producciones en un tiempo corto, de quince o veinte minutos) y el **póster** (un instrumento "gráfico" de comunicación que está expuesto en algún espacio del congreso).

Para presentar un póster en un congreso, sus autores envían una propuesta al comité organizador; esa propuesta atraviesa un proceso de evaluación similar al de los artículos científicos en las revistas. Dos "referés" (evaluadores) revisan un **resumen o sinopsis** (dos o tres páginas de texto escrito), en el cual los autores cuentan de qué hablarán en el póster y cómo lo harán (presentando avances, preguntas, resultados, dudas, etcétera).

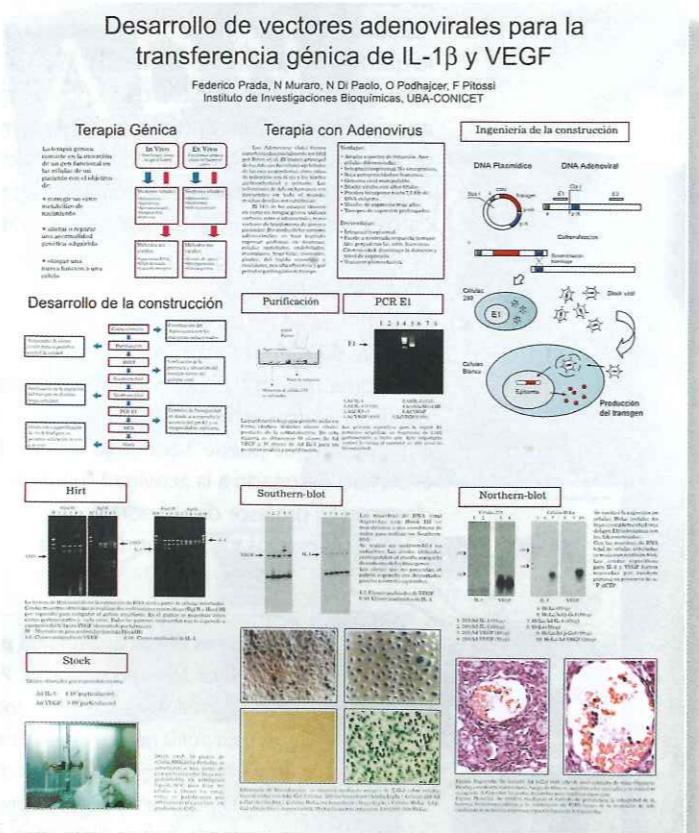
¿Cómo es un póster?

Desde el punto de vista del formato, un póster científico es una lámina en la que se combinan distintos tipos de texto (texto escrito, fórmulas, tablas, gráficas, fotos, etc.). El póster presenta en forma muy abreviada los aspectos más destacados de la investigación de sus autores.

En la estructura típica de un póster en ciencias naturales suelen aparecer las siguientes secciones: la **pregunta** o el **problema** que se está investigando; la

metodología empleada en la investigación, con las técnicas y los instrumentos utilizados; los **resultados** obtenidos y una **discusión** sobre ellos, que puede llegar a conclusiones más o menos cerradas o no. Los pósters científicos pretenden mostrar estados intermedios de una investigación, ideas o datos "recién salidos del horno" que se quieren dar a conocer rápidamente en la comunidad científica y que no necesitan estar muy "acabados".

Hay diversas formas de presentación de un póster durante un congreso científico. Una de las más usuales se conoce como **sesión**: unos diez o veinte grupos de investigación comparten un espacio común en el cual exhiben sus pósters pegados en paneles uno al lado del otro. Uno o más de los autores están presentes junto a su póster por un tiempo corto (generalmente, menos de una hora) y lo explican a aquellos participantes del congreso que se acercan interesados por el tema.



▲ Fig. 6. Póster científico. Gentileza de Jornadas de Puertas Abiertas 2006. Fundación Instituto Leloir. Laboratorio de Terapia Génica.

¿Cómo podemos trabajar con pósters?

Te proponemos trabajar con la modalidad de comunicación de ideas en formato de póster para experimentar con tus compañeros y compañeras una de las actividades más típicas del trabajo de científicos y científicas.



1. Desarrollo de una pequeña indagación

Te sugerimos trabajar en grupos que tengan entre dos y cuatro estudiantes.

Para preparar un póster podés usar trabajos "de investigación" que hayas hecho durante el curso (informes de laboratorio, monografías, búsquedas en Internet, etc.), o bien encarar un nuevo proceso de indagación completa, con la ayuda de tus profesores y profesoras.

Los principales pasos para seguir son:

- Elegir un tema de biología en el que te gustaría profundizar.
- Plantearte alguna pregunta o inquietud sobre él.
- Recolectar información al respecto, utilizando libros y revistas, Internet, medios de comunicación masivos (diarios y televisión), entrevistas, salidas de campo, experiencias prácticas.
- Organizar y estructurar esa información: qué te preguntaste; qué hiciste para contestar la pregunta; qué respuestas fueron surgiendo; cuáles son tus principales "hallazgos"; qué te gustaría contar de todo el proceso y sus resultados.
- Emitar un juicio al final, a modo de "conclusiones" que sinteticen y valoren lo hecho.

2. Preparación del póster

a) Primero hay que decidir qué tipo de herramienta tecnológica utilizarás para la confección del póster (desde tijera y adhesivo hasta programas de diseño como el Power Point, pasando por todos los puntos intermedios).

b) Después hay que determinar qué tipos de texto aparecerán en el póster: texto escrito, gráficos, tablas, fotos, dibujos, entre otros. Los textos serán hechos a mano, recortados y pegados, o confeccionados usando la computadora (tipados, diseñados con programas específicos, escaneados, etcétera)?

c) Ahora hace falta plantear un primer "diseño", con la distribución espacial de los elementos seleccionados. Es fundamental tener en cuenta dos factores "limitantes": el tamaño mínimo de letra o de imagen que se puede usar para una lectura sencilla y la cantidad máxima de información que el póster puede tener sin que resulte recargado, aburrido o ilegible en un tiempo prudencial. Estas consideraciones te servirán para reducir la información que surgió del punto 1 a una mínima cantidad. Se trata de comunicar sólo lo más importante: ¿cómo podés decidir con qué quedarte?

3. Presentación del póster

- Arreglá con tus "profes" un horario dedicado al "congreso". ¿Cuánto tiempo necesitarán?
- En el aula o en otro espacio de la escuela que les parezca más adecuado (patio, vestíbulo, salón de actos), cuelguen los pósters en paneles o en la pared.
- Decidan quién será el público destinario: ustedes mismos, compañeros y compañeras de otros años o divisiones, profesores y directivos de la escuela, familias y amigos.
- Decidan la modalidad de presentación. Si hay tiempo, cada grupo puede presentar su póster brevemente (en cinco o diez minutos) a todos los asistentes. Si no, el público puede ir pasando y los autores explican su póster a quienes se acercan.

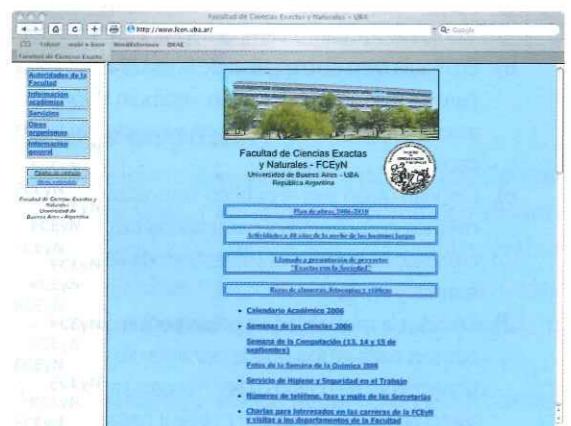
La página de Internet

Buceando en la Red

Las nuevas tecnologías de la información y la comunicación han revolucionado las ciencias naturales en muchísimos aspectos, y están permitiendo "reinventar" las formas de hablar y escribir ciencias en la actualidad. En particular, la **Internet** civil (desvinculada de los usos militares desde la década del 70) y la **Web o Red**, en marcha desde los años 90, han permitido la construcción de una extensa trama de comunicaciones a escala mundial, tanto en el interior de la comunidad científica como entre los científicos y el gran público.

La sencillez técnica y los bajos costos de la Web han permitido el establecimiento de una enorme cantidad de páginas científicas, que cumplen propósitos muy diversos; entre ellos, poner a disposición de colegas que están lejos la información actualizada sobre las investigaciones. Pero, al mismo tiempo, la posibilidad de ingresar, con el solo hecho de contar con una conexión a Internet, a un número impresionante de páginas de acceso irrestricto y gratuito, "desdibuja" un poco la separación entre las páginas estrictamente dedicadas a la comunidad científica y aquellas destinadas a otro tipo de público. Por ejemplo, las páginas web de los grupos de investigación son, en casi todos los casos, de acceso libre; sin embargo, estas páginas tienen en principio poco interés para los "internautas" comunes y corrientes, a quienes no les es de mucha utilidad la información específica allí contenida.

C Te proponemos que mires el aspecto de una de estas páginas de investigadores. Accedé, por ejemplo, a la página web de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, FCEyN (www.fcen.uba.ar, figura 7) o de cualquier otra universidad pública de la Argentina.



▲ Fig. 7. Página de inicio (Home) de la FCEyN.

- Navegá en la página principal: ¿dónde encontrarás las páginas de los grupos de investigación?
- Cuando llegues a una de estas páginas (por ejemplo, la página del Instituto de Investigaciones en Ingeniería Genética y Biología Molecular, INGEBI: <http://proteus.dna.uba.ar/>), fijate qué información hay.
- Compara esta página con las de otros grupos: ¿qué elementos comunes encontrás?

Además de las páginas web de los grupos de investigación, existen –a disposición de los interesados– los sitios oficiales de instituciones públicas o privadas dedicadas a la ciencia. En Argentina tenés, por ejemplo:

- **El Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas** (Conicet), que se presenta oficialmente como "el principal organismo dedicado a la promoción de la ciencia y la tecnología en la Argentina". www.conicet.gov.ar
- **La Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales**, "una asociación civil, de carácter científico [...] cuya finalidad es propender al adelanto, desarrollo y difusión de las ciencias [...] con el objeto de contribuir al progreso de la Nación" www.ancefn.org.ar
- **La Administración Nacional de Laboratorios e Institutos de Salud "Dr. Carlos G. Malbrán"** (ANLIS), que agrupa diversos organismos dedicados a la investigación médica y a la promoción de la salud. www.anlis.gov.ar
- **El Museo de La Plata**, uno de los museos de ciencias naturales más importantes del mundo, dependiente de la Universidad Nacional de La Plata. www.fcnym.unlp.edu.ar/abamuse.html
- **El Observatorio Pierre Auger** (en Malargüe, provincia de Mendoza), construido por un consorcio internacional formado por 15 países y dedicado al estudio de los rayos cósmicos. www.auger.org.ar
- **El Centro Nacional de Referencia para el Sida**, en actividad desde 1988 y con sede en la Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires. www.cnrsida.org.ar

- **La Asociación Expedición Ciencia**, una "asociación civil sin fines de lucro que tiene por objetivo promover la educación científica a través de propuestas que fomenten el pensamiento crítico, la creatividad, el conocimiento y la igualdad de oportunidades" y que organiza campamentos científicos, en el interior del país, para estudiantes de entre 14 y 17 años. www.expedicionciencia.com.ar

¿Cómo podemos trabajar con las páginas de Internet?

La oferta de sitios de y sobre ciencias naturales en general, y biología en particular, que hay actualmente en la Web es impresionante. Por ello, podés utilizar los recursos a tu alcance en forma rica y versátil, y comparar y complementar unos con otros, según los objetivos específicos que te plantees. A continuación te hacemos cuatro propuestas muy diferentes para que explores la potencialidad de Internet en el aprendizaje de biología en la escuela.

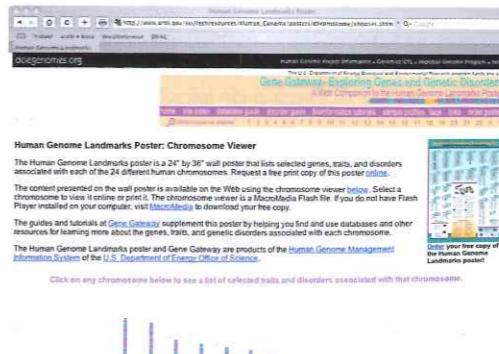
1. Uso de herramientas informáticas para comprender y aplicar conceptos de biología

En la página de biología humana del "Proyecto Biológico" de la Universidad de Arizona, en los Estados Unidos (www.biologia.arizona.edu/human/human_bio.html), hay diversos recursos para explorar en forma interactiva algunos de los temas tratados en este libro: genoma, cariotipos, tipos sanguíneos, etcétera.



2. Uso de la Web para acceder a resultados públicos de proyectos de investigación internacionales

En la página del Departamento de Energía de los Estados Unidos acerca del Proyecto Genoma Humano (www.doegenomes.org en inglés), hay una sección específica (www.ornl.gov/sci/techresources/Human_Genome/posters/chromosome/chooser.shtml) dedicada a mostrar la apariencia física de los cromosomas humanos.



3. Uso de páginas personales para aprender de la vida y la obra de los científicos

Existen sitios oficiales y "no oficiales" dedicados a científicos específicos. Muchos de los sitios están en inglés. Te proponemos usar el sitio oficial del programa televisivo de divulgación científica creado por Adrián Paenza, "Científicos Industria Nacional".

(www.cientificos.arnet.com.ar). En esta página encontrarás biografías de científicos argentinos del pasado y entrevistas a científicos argentinos actuales.



4. Uso de buscadores para "capturar" noticias científicas

Te proponemos utilizar motores de búsqueda (el más importante es, sin duda, Google) para rastrear y bajar noticias recientes sobre ciencia y tecnología. ¿Qué palabras clave usarías para la búsqueda? ¿Cuántos "resultados" vas encontrando? ¿Qué sitios se repiten? ¿Cómo evaluarías la calidad de la información "colgada"?

5. ¡A desarrollar el espíritu crítico!

Las posibilidades casi ilimitadas de Internet y de la Web se transforman, al mismo tiempo, en su mayor peligro: como todo el mundo puede subir y bajar información, su calidad es muy diversa. Es fundamental no creer que todo lo que se encuentra, por el solo hecho de estar "publicado", es "verdadero". Hay que desarrollar un espíritu crítico y alerta frente a la información circulante y establecer criterios para valorar su calidad.

Te proponemos reflexionar sobre la "fiabilidad" de la información que circula en el ciberespacio.

La **dianética** se presenta a sí misma como una "tecnología" y como la "ciencia moderna de la salud mental" y está en la base de la "religión" llamada "cienciología" o "cientología", a la que adhieren famosos actores y actrices de Hollywood. En páginas "oficiales" de esta corriente (por ejemplo: spanish.dianetics.org, spanish.traditionaldianetics.org, www.scientology-barcelona.org/dianetics.htm), se exponen sus fundamentos con un lenguaje complicado y en apariencia científico. Sin embargo, navegando en Internet no te será difícil descubrir miles de páginas que denuncian la escasa seriedad de estas ideas. ¿A quién le "darías la razón" en este debate? ¿Sobre la base de qué criterios?

Te proponemos construir, en grupo, con tus compañeros y compañeras, dos tipos de texto muy importantes para la divulgación de las ciencias: la biografía y la narración científica.

Proyecto 1: Biografía científica

En este proyecto te proponemos hacer una pequeña investigación para construir la biografía de un "personaje" de la biología.

1. Seleccioná a un científico o una científica para escribir su biografía. Puede ser un personaje del pasado o del presente, del país o del extranjero, muy famoso o no tan conocido.
2. Justificá tu elección. ¿Cómo sabías de la existencia de esta persona? ¿Qué te llamó la atención de él o ella?
3. Hacé una búsqueda de fuentes: materiales diversos con información para apoyar la construcción de la biografía. Pueden ser: "entradas" en la enciclopedia; libros biográficos sobre el personaje o su propia autobiografía; artículos de diario o de revista donde se hable sobre él y entrevistas que se le hayan hecho en medios de comunicación; películas sobre su vida o su trabajo. También podés recoger testimonios: entrevistar vos al personaje o a quienes lo conocen o conocieron.
4. "Cruzá" todos los materiales que recolectaste para complementarlos y ver sus coincidencias y discrepancias. En caso de encontrar informaciones contradictorias, ¿cómo harías para elegir entre las fuentes?
5. Evaluá la calidad de los diversos materiales de los que disponés y relacioná esa calidad con su procedencia (libros, enciclopedias, páginas web, testimonios orales, etc.). Reflexioná acerca de la fiabilidad de las fuentes: ¿a cuál se le podría "creer" más? ¿cómo podés saber cuál es más cercana al científico?
6. Hacé un guión (índice de los puntos prin-
- ciales) de la biografía: ¿qué cosas querés contar del personaje (los hechos principales de su vida; su carrera profesional; su niñez y cómo llegó a la ciencia; sus descubrimientos y aportaciones; sus escritos científicos y no científicos; el contexto en el que se movió y sus relaciones con la sociedad de su época; anécdotas interesantes o divertidas del personaje)? Seleccioná, del conjunto de materiales de los que disponés, los fragmentos más pertinentes para la biografía que diseñaste.
7. Construí la biografía del personaje.
 - a) Escribí el texto principal (un texto escrito narrativo más o menos formal).
 - b) Complementá ese texto principal con otros tipos de texto de acompañamiento (imágenes, dibujos, fotos; video, cine, teatro; maquetas, modelos; hipertextos, simulaciones; viñetas, cómics, chistes; facsímiles de escritos originales).
 - c) Prestá especial atención, en el texto principal y en los textos de acompañamiento, a las vinculaciones del personaje con el contexto en el que vive o vivió: por ejemplo, ¿qué pasaba en el mundo a lo largo de su vida?, ¿qué eventos (guerras, desastres naturales, descubrimientos, entre otros) le tocó vivir de cerca o de lejos?, ¿de qué personas famosas era contemporáneo? Buscá materiales para "retratar" la época y el lugar en los que vivió: la ropa que se usaba, la música que se escuchaba, los cuadros de la época, los diarios, etcétera.
8. Inventá una forma de comunicar a los demás (tus compañeros, profesores, padres, vecinos, estudiantes de otros cursos, público general) todo lo que hiciste: los pasos seguidos, las decisiones tomadas, las dificultades que aparecieron, el producto final, lo que aprendiste durante el proyecto.

Proyecto 2: Narración científica

En este proyecto te proponemos analizar un texto "narrativo" sobre temas de biología y después crear un nuevo texto inspirado en él.

1. Realizá el análisis de un texto narrativo siguiendo estas pautas:

- a) Seleccioná un texto escrito de estructura narrativa y de carácter no científico en el que se hable de biología. Puede ser un cuento, una novela, un artículo de diario, un cómic. Leelo varias veces, hacé un resumen y una descripción general del texto.
- b) ¿Por qué elegiste ese texto? ¿Cómo llegaste a él?
- c) ¿Qué contenidos científicos se tratan en el texto? ¿Con qué grado de profundidad y de precisión? Los contenidos, ¿aparecen muy simplificados? ¿Podés detectar errores importantes?
- d) ¿Quién es el autor o la autora del texto? ¿Cuál es su profesión y su vinculación con la ciencia (es científico, periodista, divulgador, estudiante de ciencias, filósofo, escritor profesional, entre otros)?
- e) ¿A quiénes está dirigido el texto? ¿Es entendible para el público destinatario? ¿Qué

"operaciones" se llevaron a cabo para que los lectores y las lectoras lo puedan comprender y disfrutar? ¿Se usan ejemplos, comparaciones, imágenes?

- f) Inventá una forma de comunicar a los demás (tus compañeros, profesores, padres, vecinos, estudiantes de otros cursos, público general) todo lo que pensaste e hiciste sobre el texto.
2. Transformá el texto original en un texto de distinto tipo. Para eso:
 - a) Elegí un nuevo tipo de texto (video, documental, chiste, cómic, diálogo, obra de teatro, programa de radio, nota de diario, etc.) para pasar el original a este tipo.
 - b) Seleccioná a los destinatarios del nuevo texto que vas a elaborar.
 - c) "Pasá" el texto original al que elegiste. ¿Qué "operaciones" tenés que llevar adelante para la transformación? ¿Qué dificultades aparecen? ¿Qué elementos del texto original "dejás en el camino"? ¿Qué nuevos elementos introducís?
 - d) Inventá una forma de comunicar a los demás la "cocina" del nuevo texto y el producto que obtuviste.

Recursos para los proyectos

Libros

- Colección "Ciencia que ladra". Argentina. Siglo XXI Editores. Títulos de divulgación científica escrita por científicos.
- Colección "Ciencia joven". Argentina. Eudeba. Títulos de divulgación científica escrita por científicos.
- Golombok, D. y De Ambrosio, M. (comp.) *Hoy las ciencias adelantan que es una barbaridad*. Buenos Aires. Libros del Rojas. Libro que compila charlas de divulgación dadas en el Centro Cultural Rector Ricardo Rojas de la Universidad de Buenos Aires, Argentina. 2006.

Internet

- Página web del Instituto Nobel de Estocolmo, Suecia (en inglés): <http://nobelprize.org>
En esta página hay biografías de todos los Premios Nobel de Ciencias.
- Página web de la Fundación Konex, Argentina: www.fundacionkonex.com.ar
En esta página hay biografías de científicos argentinos premiados.
- Página web del Proyecto de Alfabetización Científica del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología, Argentina: <http://redteleform.me.gov.ar/pac>
En esta página podés encontrar ocho libritos con narraciones científicas.
- Página de la "Cienciateca" del Dr. Pedro Gómez-Romero, España: www.cienciateca.com
En esta página hay noticias, textos, recursos y un "directorio" muy completo de otros sitios web dedicados a la divulgación científica.

Glosario

Las palabras destacadas en VERSALITAS, dentro de cada definición, están incluidas también en el glosario.

Absorción. Proceso mediante el cual se produce el pasaje de NUTRIENTES a través de las microvellosidades del intestino delgado.

Ácido nucleico. Molécula orgánica cuyas unidades o MONÓMEROS son los NUCLEÓTIDOS. En los SERES VIVOS se encuentran dos tipos de ácidos nucleicos: ADN y ARN.

Adaptaciones. Características de los seres vivos, resultado de un largo proceso evolutivo, que les permiten sobrevivir en determinado ambiente, reproducirse y transmitir sus rasgos a los descendientes.

ADN. Ácido desoxirribonucleico, un tipo de ÁCIDO NUCLEICO. Molécula que guarda la información hereditaria –es decir que se transmite de los progenitores a su descendencia durante la REPRODUCCIÓN–, que determina las características de los SERES VIVOS.

ADN recombinante. Material genético que combina ADN de dos individuos diferentes.

Alelos. Variantes de un mismo GEN.

Alimentación. Incorporación de alimentos a través del sistema digestivo.

Alvéolo pulmonar. Unidad anatómica y funcional de los pulmones, en los que tiene lugar la HEMATOSIS.

Aminoácido. Molécula orgánica que constituye las PROTEÍNAS. Dos aminoácidos se unen por medio del denominado *enlace peptídico*. Así, la unión de dos aminoácidos se denomina *dipeptido*; de tres, *tripéptido*; de unos pocos aminoácidos, *oligopéptido*, y de más de diez, *polipéptido*.

Anatomía. Estudio de la estructura, la ubicación y las relaciones de las diferentes partes del cuerpo de los seres vivos.

Anfiartrosis. ARTICULACIÓN semimóvil, que permite movimientos limitados, como la síntesis pubiana o las articulaciones intervertebrales.

Antibiótico. Fármaco que se utiliza para combatir bacterias patógenas.

Anticuerpo. proteína secretada por los linfocitos, capaz de reconocer ANTÍGENOS específicos.

Antígeno. Molécula que tiene la capacidad de desencadenar la respuesta inmune y la producción de ANTICUERPOS específicos.

ARN. Ácido ribonucleico, un tipo de ÁCIDO NUCLEICO. Molécula que interviene en el proceso por el cual se expresa la información contenida en el ADN.

Articulación. Punto de contacto entre dos o más elementos óseos.

ATP. Adenosina trifosfato. NUCLEÓTIDO que cumple la función de intermediario energético entre las reacciones catabólicas y anabólicas.

Australopithecus. Género de HOMÍNIDOS fósiles.

Autótrofo. ORGANISMO que fabrica sustancias orgánicas complejas a partir de sustancias sencillas que incorporan del ambiente, a través de la FOTOSÍNTESIS o de la quimiosíntesis. Las plantas, las algas y muchas bacterias son organismos autótrofos.

Biocombustibles. Fuentes de energía que provienen de la materia viva, un recurso renovable y que aporta energía limpia para el ambiente.

Bioelementos. Elementos que constituyen a los SERES VIVOS, principalmente, carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre.

Biología. Disciplina científica que se ocupa del estudio de los SERES VIVOS en sus distintos NIVELES DE ORGANIZACIÓN; esto incluye conjuntos de ORGANISMOS y sus interrelaciones y los mecanismos moleculares que permiten desentrañar los procesos fisiológicos y vías metabólicas que se integran en el organismo.

Biomoléculas. Principales moléculas que forman a los SERES VIVOS; se denominan también *moléculas de importancia biológica* por las funciones esenciales que desempeñan en los organismos. Son el agua, las vitaminas, los minerales, las PROTEÍNAS, los HIDRATOS DE CARBONO, los LÍPIDOS y los ÁCIDOS NUCLEICOS.

Biorremediación. Procedimiento que busca resolver problemas de contaminación mediante el uso

de SERES VIVOS (microorganismos y plantas) o sus ENZIMAS para degradar compuestos contaminantes y transformarlos en menos tóxicos o inocuos.

Biotecnología moderna. Empleo de ORGANISMOS vivos para la obtención de un bien o servicio útil mediante técnicas de INGENIERÍA GENÉTICA, que permiten obtener PROTEÍNAS recombinantes (HORMONAS, ENZIMAS, etc.), mejorar vegetales, animales y otros organismos con diversas aplicaciones ambientales e industriales.

Biotecnología tradicional. Conjunto de técnicas que emplean SERES VIVOS o sus componentes para obtener bienes y servicios.

Bipedestación. Locomoción bípeda, capacidad de caminar sobre los dos pies.

Cadena respiratoria. Tercera etapa de la RESPIRACIÓN CELULAR que tiene lugar en las crestas de las MITOCONDRIAS.

Caloría. Unidad en la que suele medirse el aporte energético de los distintos NUTRIENTES.

Carácter dominante. Aquel que predomina en el FENOTIPO cuando el GENOTIPO es heterocigota (formado por un ALELO dominante y uno recesivo).

Carácter recesivo. Aquel que sólo se manifiesta cuando el GENOTIPO es homocigota recesivo, y queda "oculto" ante la expresión del ALELO dominante.

Caracteres adquiridos. Características que se adquieren a lo largo de la vida y que no están determinadas genéticamente, por lo que no se heredan.

Caracteres hereditarios. Características determinadas por el ADN y que se transmiten de padres a hijos.

Célula. Mínima porción de materia que cumple con las funciones vitales. Se clasifican en PROCARIOTAS y EUCAΡIOTAS, según la presencia de un núcleo definido.

Célula madre. CÉLULA indiferenciada, es decir que aún no se ha especializado, y es capaz

de diferenciarse para formar parte de cualquier tipo de TEJIDO.

Célula pluripotente. CÉLULA que no puede formar un ORGANISMO completo, pero puede formar cualquier otro tipo de célula de cualquier TEJIDO u ÓRGANO humano.

Célula totipotente. CÉLULA que puede crecer y formar un ORGANISMO completo.

Célula unipotente. CÉLULA que puede formar células de distinto tipo pero dentro de una misma clase. Por ejemplo, las CÉLULAS MADRE sanguíneas darán lugar a ERITROCITOS, LEUCOCITOS y PLAQUETAS, pero no a células hepáticas o musculares.

Ciclo cardíaco. Intervalo entre una contracción cardíaca y la siguiente.

Ciclo de Krebs. Segunda etapa de la RESPIRACIÓN CELULAR, en la que se produce dióxido de carbono. Tiene lugar en la matriz de las MITOCONDRIAS.

Ciclo de la materia. "Camino" que sigue la materia entre los SERES VIVOS y el ambiente. Este "camino" es cíclico, ya que las sustancias que pasan al ambiente son reaprovechadas continuamente por los seres vivos.

Ciclo menstrual. Proceso mensual que abarca la menstruación, la ovulación, cambios en el ovario y en el útero, regulado por las HORMONAS hipofisarias y ováricas.

Cigota. Primera CÉLULA de todo organismo que se origina sexualmente a partir de la FECUNDACIÓN. Al multiplicarse da lugar a la formación del embrión y luego del feto.

Cinturas. Partes del ESQUELETO que relacionan el ESQUELETO AXIAL y el APENDICULAR. En el ser humano, los hombros forman la *cintura escapular* y las caderas, la *cintura pélvica*.

Cloroplasto. ORGANELA celular en la que ocurre el proceso de FOTOSÍNTESIS.

Coagulación. Mecanismo que evita la pérdida de SANGRE cuando se produce la rotura de un vaso sanguíneo. En este mecanismo participan las PLAQUETAS y diversos

- factores de coagulación, como la protrombina, el calcio y el fibrinógeno.**
- Código genético.** Patrón universal de correspondencia entre secuencias de NUCLEÓTIDOS y los AMINOÁCIDOS que forman las PROTEÍNAS.
- Control endocrino.** Mecanismo de regulación de las actividades corporales por medio de mensajes químicos, que se conducen a través de la SANGRE.
- Control nervioso.** Mecanismo de regulación de las actividades corporales por medio de mensajes eléctricos y químicos, que se conducen a través de los nervios.
- Cromosoma.** Forma particular que adopta el ADN en la DIVISIÓN CELULAR. Cada cromosoma está constituido por una molécula de ADN enrollada.
- Defensas específicas.** Proceso por el cual el sistema inmune identifica al agente extraño y elabora una respuesta específica para eliminarlo.
- Defensas inespecíficas.** Barreras del ORGANISMO destinadas a evitar el ingreso de agentes extraños. Actúan de igual forma frente a cualquier agente extraño.
- Deriva génica.** Fenómeno que afecta a poblaciones pequeñas y por el cual ciertos ALELOS disminuyen su frecuencia y a veces incluso desaparecen.
- Desarrollo.** Cambios que acompañan el crecimiento e involucran la DIFERENCIACIÓN y la morfogénesis.
- Diartrosis.** ARTICULACIÓN móvil, que permite movimientos amplios o en todas direcciones, como el hombro o la cadera.
- Diástole.** Relajación del MIOCARDIO.
- Diferenciación.** Mecanismo a través del cual una CÉLULA no especializada se especializa en numerosos tipos celulares que constituyen el cuerpo.
- Digestión.** Proceso por el cual las moléculas complejas se transforman en las moléculas más sencillas que los constituyen por acción de las ENZIMAS DIGESTIVAS y de los procesos mecánicos, como la masticación.
- División celular.** Proceso por el cual se generan nuevas células a partir de otra anterior. Hay dos mecanismos: MITOSIS y MEIOSIS.
- Enfermedad.** Desorden o funcionamiento incorrecto de un TEJIDO o de un ÓRGANO y por el cual el ORGANISMO deja de estar sano.
- Enfermedad infecciosa.** ENFERMEDAD causada por alguna clase de microorganismo o por virus, que se transmite por contagio de persona a persona, a través de algún vehículo de transmisión (agua u objetos contaminados) o de un VECTOR.
- Esqueleto axial.** Parte del ESQUELETO que conforma el eje del cuerpo en los vertebrados. En el ser humano está constituido por la *cabeza ósea* (cráneo y cara) y el *tronco* (tórax y columna vertebral).
- Estímulo.** Cualquier cambio en las características del entorno (luz, sonido) o del interior del ORGANISMO (concentración de la glucosa en la SANGRE).
- Enzima.** PROTEÍNA que cumple la función de catalizador y permite que las reacciones metabólicas se cumplan en forma eficiente.
- Enzima digestiva.** PROTEÍNA cuya función particular es acelerar la degradación de las moléculas que componen los alimentos. Ejemplos: *amilasa, lipasa*, etcétera.
- Enzimas de restricción.** ENZIMAS que catalizan (aceleran) la degradación del ADN en secuencias particulares de NUCLEÓTIDOS.
- Epidemiología.** Disciplina que estudia la SALUD de los grupos humanos en relación con su medio.
- Estructuras análogas.** Estructuras que cumplen la misma función pero tienen un origen diferente. Por ejemplo, las alas de un insecto, un ave y un murciélagos. Las analogías no indican un parentesco evolutivo entre las especies, como las HOMOLOGÍAS, pero dan cuenta de la actuación de la SELECCIÓN NATURAL, ya que revelan formas de ADAPTACIÓN a un mismo medio.
- Estructuras homólogas.** Estructuras que tienen un origen común pero cumplen distintas funciones. Por ejemplo, las extremidades de una ballena, un ser humano y una ave. Las homologías indican un parentesco evolutivo entre las especies, por lo tanto, se consideran evidencias de la EVOLUCIÓN.
- Equilibrio hídrico.** Mecanismo que consiste en mantener estable el volumen de agua interno, es decir, la proporción de agua que entra en el ORGANISMO y la que sale de él.
- Eritrocito.** Glóbulo rojo, también denominado *hematíe*. Son las CÉLULAS sanguíneas más abundantes. Su función es el transporte de gases, principalmente oxígeno.
- Eucariota.** Tipo de CÉLULA que cuenta con un núcleo organizado, separado del citoplasma por una doble membrana o envoltura nuclear, y diversas ORGANELAS, rodeadas también de membranas, cada una con distinta función. Hay dos tipos de células eucariotas: *animales y vegetales*.
- Evolución biológica.** Conjunto de cambios que han ocurrido, y ocurren, en los SERES VIVOS a lo largo de la historia de la vida en la Tierra.
- Especialización.** Proceso por el cual una CÉLULA desarrolla una forma y tiene una composición química particular que le permite cumplir con su función específica.
- Espiración.** Fase de la mecánica respiratoria que consiste en la salida del aire de los pulmones.
- Esqueleto.** Estructura de sostén de ciertos animales. Puede estar ubicado por fuera del cuerpo (*exoesqueleto*), como en el caso de los artrópodos, o ser interno (*endoesqueleto*), como en los vertebrados. En este último caso, está constituido por huesos y/o cartílagos.
- Extremófilos.** ORGANISMOS que viven en condiciones ambientales extremas de temperatura, presión, pH, salinidad, etcétera.
- Fecundación.** Proceso por el cual se une el óvulo con el espermatozoide. En el ser humano ocurre en las trompas de Falopio.
- Fenotipo.** Expresión de las características, visibles o no, que dependen del GENOTIPO.
- Fermentación.** Proceso por el cual las CÉLULAS obtienen energía de los NUTRIENTES en condiciones anaerobias (sin oxígeno).
- Fibra muscular.** Nombre que recibe la CÉLULA muscular. Puede ser lisa, cardíaca o estriada.
- Fijismo.** Postura opuesta al TRANSFORMISMO; aseguraba que las formas de vida, tal como las conocemos, permanecen inmutables en el tiempo.
- Flujo de la energía.** "Camino" que recorre la energía entre los SERES vivos y el ambiente. Este "camino" no constituye un ciclo, como en el caso de la materia, ya que gran parte de la energía se pierde como calor y no puede volver a ser aprovechada por los SERES VIVOS.
- Flujo génico.** Desplazamiento de GENES dentro y fuera de una población.
- Fósiles.** Vestigios de vida que se conservan del pasado. Pueden ser restos orgánicos, como huesos u hojas, o huellas, por ejemplo, pisadas.
- Fotosíntesis.** Proceso que involucra gran cantidad de reacciones químicas por el cual las CÉLULAS vegetales sintetizan glucosa, un HIDRATO DE CARBONO simple (monosacárido), y liberan oxígeno. La energía lumínica captada por los CLOROPLASTOS pone en marcha el proceso.
- Gametas.** CÉLULAS sexuales, óvulos y espermatoides. Contienen la mitad de material genético de las células somáticas (no sexuales).
- Gen.** Fragmento de ADN que determina la síntesis de una PROTEÍNA y, a través de ella, una característica del individuo.
- Generación espontánea.** Tesis según la cual las formas de vida "superiores" (animales y vegetales) o microscópicas (UNICELULARES) surgen a partir de materiales primigenios y elementales (como el barro o la materia pútrida). Esta tesis generó muchos y acalorados debates entre científicos de diferentes épocas.
- Genética.** Ciencia que estudia cómo están determinadas las características en el ADN, cómo se expresan en el ORGANISMO y cómo se transmiten de un individuo a otro.
- Genoma.** Conjunto de todos los GENES y la secuencia de NUCLEÓTIDOS que forman los CROMOSOMAS de una célula.
- Genotipo.** Tipo de GENES y SUS ALELOS que determinan las características de un individuo.
- Glándulas endocrinas.** ÓRGANOS que producen moléculas
- Hormonas.** Sustancias, en general PROTEÍNAS o esteroideos, producidas por los animales y los vegetales, que actúan en concentraciones muy pequeñas. Regulan las actividades corporales, como el crecimiento, y la concentración de las diferentes sustancias, tanto dentro como fuera de las CÉLULAS.
- Hemoglobina.** PROTEÍNA presente en los ERITROCITOS, que le da color a la SANGRE, y cuya función es el transporte de gases respiratorios, principalmente oxígeno.
- Herencia.** Transmisión de las características de una generación a la siguiente.
- Heterótrofo.** ORGANISMO que incorpora del ambiente las sustancias orgánicas que le sirven de alimento ya fabricadas por otros, mediante la ingestión de productos de otros SERES VIVOS.
- Hidratos de carbono.** BIOMOLECULAS constituidas por carbono, hidrógeno y oxígeno y, en algunos casos, también por nitrógeno y azufre. Hay hidratos de carbono simples (monosacáridos, disacáridos), y complejos, los polisacáridos. Ejemplos: glucosa (monosacárido), sacarosa (disacárido), almidón (polisacárido). También se los denomina carbohidratos, glucidos o azúcares, aunque no todos son dulces.
- Ingeniería genética.** Conjunto de técnicas que permiten cortar y empalmar GENES o fragmentos de ADN de ORGANISMOS distintos, creando nuevas combinaciones que se insertan en diferentes organismos.
- Inflamación.** Alteración caracterizada por trastornos de la circulación de la SANGRE, enrojecimiento, hinchazón y dolor. Constituye parte de las DEFENSAS INESPECÍFICAS.
- Meiosis.** Proceso de DIVISIÓN CELULAR por el que una CÉLULA "hija" recibe la mitad de la dotación de CROMOSOMAS de la célula original. Este mecanismo da origen a las células sexuales de los ORGANISMOS PLURICELULARES que se reproducen sexualmente.
- Metabolismo.** Conjunto de reacciones químicas que ocurren en el organismo. Incluye reacciones de degradación, o *catabólicas*, y reacciones de síntesis, o *anabólicas*.
- Metaciencia.** Disciplina de carácter científico, perteneciente al ámbito de las ciencias sociales y humanas, que tiene como objeto de estudio el conocimiento y la actividad científicas. Ejemplos: EPISTEMOLOGÍA, HISTORIA DE LA CIENCIA Y SOCIOLOGÍA DE LA CIENCIA.
- Método científico o metodología de la ciencia.** Conjunto organizado de procedimientos, estrategias y herramientas puestas
- Noxas.** Factores a los que nos expone el ambiente, que pueden alterar el estado de SALUD. Por ejemplo, microorganismos patógenos, radiaciones, sustancias químicas, etcétera.
- Nucleótido.** Molécula orgánica constituida por una base
- Leucocito.** Glóbulo blanco, un tipo de CÉLULA sanguínea. Los leucocitos participan en la DEFENSA del organismo.
- Ligamento.** Tejido conectivo fibroso que une los huesos entre sí, por lo general, su función es unir estructuras y mantenerlas estables.
- Homeostasis.** Estabilidad o equilibrio de las condiciones internas de los ORGANISMOS (concentración de sales, EQUILIBRIO HÍDRICO, temperatura, presión, etc.) independientemente de los cambios en el entorno.
- Linfocito B.** Tipo de glóbulo blanco (o LEUCOCITO) que se origina y diferencia en la MÉDULA ÓSEA y es capaz de fabricar ANTICUERPOS.
- Linfocito B de memoria.** LINFOCITO B que conserva los receptores en la membrana plasmática y actúa en la respuesta inmune secundaria.
- Linfocito T.** Tipo de glóbulo blanco (o LEUCOCITO) que se origina en la MÉDULA ÓSEA y madura en el timo; participa en la respuesta inmune.
- Lípidos.** Conjunto muy diverso de BIOMOLECULAS insolubles en agua y solubles en solventes orgánicos. Las grasas y los aceites integran este grupo, junto con las ceras y los fosfolípidos, entre otras moléculas.
- Monómero.** Del griego *monos*, solo, y *meros*, parte. Molécula pequeña que se encuentra repetidamente en otra más grande (POLÍMERO). Son monómeros, por ejemplo, los AMINOÁCIDOS, los NUCLEÓTIDOS y los monosacáridos.
- Monos antropoides.** Grupo de PRIMATES en el que se incluyen los monos del Nuevo Mundo (mono araña, tití, etc.) y los monos del Nuevo Mundo (grandes simios, como el orangután y el chimpancé, y los HOMÍNIDOS).
- Músculos antagonistas.** Músculos que actúan de manera opuesta y complementaria: cuando uno se contrae, el otro se relaja, y viceversa.
- Mutación.** Cambio casual en el ADN que podría determinar un cambio en una característica.
- Nefrón.** Unidad anatómica y funcional de los riñones, encargado de la formación de la ORINA.
- Neurotransmisores.** PROTEÍNAS producidas por las neuronas o CÉLULAS nerviosas, que permiten la transmisión del impulso nervioso de una a otra.
- Niveles de organización.** Modo particular en que se agrupa y ordena la materia y que determina sus propiedades, entre ellas, la vida.
- en marcha por los científicos en sus investigaciones.**
- Miocardio.** Músculo cardíaco. Sus FIBRAS son lisas e involuntarias.
- Mitochondria.** ORGANELA en la que ocurren parte de las reacciones involucradas en la RESPIRACIÓN CELULAR.
- Mitosis.** Proceso de DIVISIÓN CELULAR por el que una CÉLULA "hija" recibe una copia completa del ADN y resulta idéntica a la célula que le dio origen y a sus células "hermanas". Ocurre en las células somáticas (todas las células excepto las sexuales) de los seres PLURICELULARES. En los ORGANISMOS que se reproducen asexualmente, como las bacterias, da origen a un nuevo ser.
- Modelo.** Imagen abstracta, simplificada y analógica de un fenómeno que se postula para explicarlo y trabajar sobre él. El modelo se representa mediante diversos lenguajes.
- Monómero.** Del griego *monos*, solo, y *meros*, parte. Molécula pequeña que se encuentra repetidamente en otra más grande (POLÍMERO). Son monómeros, por ejemplo, los AMINOÁCIDOS, los NUCLEÓTIDOS y los monosacáridos.
- Monos antropoides.** Grupo de PRIMATES en el que se incluyen los monos del Nuevo Mundo (mono araña, tití, etc.) y los monos del Nuevo Mundo (grandes simios, como el orangután y el chimpancé, y los HOMÍNIDOS).
- Músculos antagonistas.** Músculos que actúan de manera opuesta y complementaria: cuando uno se contrae, el otro se relaja, y viceversa.
- Mutación.** Cambio casual en el ADN que podría determinar un cambio en una característica.
- Nefrón.** Unidad anatómica y funcional de los riñones, encargado de la formación de la ORINA.
- Neurotransmisores.** PROTEÍNAS producidas por las neuronas o CÉLULAS nerviosas, que permiten la transmisión del impulso nervioso de una a otra.
- Niveles de organización.** Modo particular en que se agrupa y ordena la materia y que determina sus propiedades, entre ellas, la vida.
- Noxas.** Factores a los que nos expone el ambiente, que pueden alterar el estado de SALUD. Por ejemplo, microorganismos patógenos, radiaciones, sustancias químicas, etcétera.
- Nucleótido.** Molécula orgánica constituida por una base

Índice analítico

A

- abducción, 169
- absorción (de nutrientes), 87, 91
- aceite, 53, 86
- acetilo, 106, 107
- Traducción.** Etapa de la síntesis de PROTEÍNAS en la cual la CÉLULA fabrica una secuencia de AMINOÁCIDOS a partir de la información GENÉTICA del ARN mensajero.
- Transcripción.** Etapa del proceso de síntesis de PROTEÍNAS en la cual se fabrica una molécula de ARN complementaria a una de las hebras del ADN.
- Transducción.** Conversión de un ESTÍMULO en una señal eléctrica que puede ser reconocida por el sistema nervioso.
- Transformismo.** Postura opuesta al FIJISMO que propone que los SERES VIVOS provienen de formas de vida más simples y que cambian en el tiempo.
- Transgénicos.** ORGANISMOS que contienen en su material genético un GEN proveniente de otro organismo, y que les confiere una nueva característica.
- Transporte pasivo y transporte activo.** Mecanismos de transporte de moléculas a través de la membrana plasmática semipermeable.
- Unicelular.** ORGANISMO constituido por una única CÉLULA que cumple con todas las funciones vitales.
- Urea.** Compuesto químico nitrogenado formado en el hígado a través de un proceso metabólico llamado *ciclo de la urea*. Es un desecho metabólico que se elimina en la ORINA.
- Sistole.** Contracción del MIOCARDIO.
- Retroalimentación.** Término que significa "control hacia atrás", y hace referencia al mecanismo por medio del cual la acción de un ÓRGANO controla su propio funcionamiento. Puede ser positiva, si aumenta o estimula el funcionamiento, o negativa, si lo disminuye o inhibe.
- Sociología de la ciencia.** METACIENCIA que investiga la relación entre la ciencia y la sociedad: cómo es influida y a la vez influye sobre la cultura, la economía, la política, la religión, etcétera.
- Suero.** Preparado que contiene ANTICUERPOS (inmunoglobulinas) específicos contra un ANTÍGENO particular.
- Variabilidad genética.** Diversidad de caracteres entre los individuos que forman una población, que se transmiten a la descendencia.
- Vector.** ORGANISMO, generalmente un insecto, que transmite un agente patógeno de una persona infectada a otra sana.

B

- leyes de la alimentación, 94
- pirámide de la alimentación, 84
- plan alimentario, 94, 131
- almidón, 45, 52
- alvéolos pulmonares, 102, 104
- ambliopía, 135
- amígdalas, 99, 176
- amilasa, 88, 90
- aminoácido, 48, 218, 219
- amnios/líquido amniótico, 206
- amoníaco, 122
- anabolismo, 60
- analogía, ver órgano análogo
- andrógenos, 198
- anfartrosis, 167
- anfioxio, 163
- antagonismo muscular, 169
- anteojo, 130
- antibiótico, 172, 173, 189, 224
- anticoagulante, 113
- anticoncepción, 207
- anticuerpo, 48, 174, 176-178
- antidiurética, hormona, 124, 154
- antígeno, 177, 183
- antropoide, 252
- aorta, ver arteria
- apéndice, 92
- arco reflejo, 152
- ARN, 50, 51
- acrosoma, 200
- actina, 48, 168
- adaptación, 37, 244
- adenina, ver base nitrogenada
- adenoides, 176
- adenosina
- difosfato, ver ADP
- trifosfato, ver ATP
- adiposo, tejido, 73
- ADN, 19, 43, 50, 51, 211, 212, 215, 219, 222, 225
- banco de, 211
- descubrimiento, 23
- en la gametogénesis, 199
- en la síntesis de proteínas, 218, 219
- en las células, 58
- recombinante, 225, 226
- replicación, 50, 67
- ADP, 60, 106, 107
- adrenalina, 154
- adrenocorticotrofina, 154
- aducción, 169
- aerofagia, 92
- aglutinación, 177
- agua
- en la alimentación, 86
- en los seres vivos, 46
- agudeza visual, 134
- albúmina, 112
- alelo, 215-217, 246, 247
- alimento/alimentación, 84-87, 128-131
- grupos de alimentos, 84
- Guías Alimentarias para la Población Argentina, 85
- bacteria/s, 58, 66, 172
- aplicaciones biotecnológicas, 222, 226
- como agentes patógenos, 174, 185, 186
- de la flora intestinal, 92
- primitivas, 239
- recombinante, 226
- balance hídrico, ver equilibrio hídrico
- base nitrogenada, 50, 51, 67
- basófilo, 112
- bastón (fotorreceptor), 134, 135
- basura, 187
- bazo, 176
- bicúspide o mitral, válvula, 114
- bilirrubina, 91
- bilis, 91
- biocombustible, 229
- bioelemento, 44
- biología, 18-29
- molecular, 25
- biomolécula, 44, 86, 238
- funciones, 45
- biónica, 70
- biorremediación, 229
- biotecnología, 19, 222-233
- moderna, 43, 224, 225
- tradicional, 224
- y agricultura, 227, 228
- y alimentación, 61, 66, 228
- y ambiente, 229
- y salud, 183, 229
- bipedestación, 253
- blastocisto, 205
- boca, 88
- bole alimenticio, 88
- botón gustativo, 133
- Bowman, cápsula de, 124
- branquias, 101
- bronquios, 102
- buche, 95
- bulbo olfatorio, 133

C

- cadena respiratoria, 106, 107
- calambre, 57, 66
- calcitonina, 154
- calorías/kilocalorías, 94
- cañales semicirculares, 137
- capacidad respiratoria, 103
- capilar sanguíneo, 115
- caracol (del oído), 136
- caracteres sexuales (primarios y secundarios), 198

nitrogenada, un grupo fosfato y un azúcar con cinco átomos de carbono (*pentosa*). Forman los ÁCIDOS NUCLEICOS. El ATP es un tipo de nucleótido.

Nutrición. Conjunto de procesos relacionados entre sí destinados a la obtención de materia y energía en los SERES VIVOS.

Nutriente. Sustancia orgánica o inorgánica de vital importancia para el DESARROLLO y el crecimiento de los SERES VIVOS.

Organela. Componente de las CÉLULAS EUCARIAS, separado del citoplasma por membranas, que cumple una función en particular. Ejemplos: MITOCONDRIAS, CLOROPLASTOS, ribosomas, etcétera.

Organismo. UNICELULAR o PLURICELULAR. Sus CÉLULAS cumplen las funciones vitales y se relacionan con el entorno. En un organismo complejo, las células se diferencian y especializan en diferentes funciones.

Órgano. Estructura que combina varios tipos de TEJIDO, que desempeñan de manera coordinada una función común. Ejemplos: hoja, corazón, hígado.

Orina. Líquido eliminado a través de la uretra compuesto por agua, cloruro de sodio, urea y, en menor proporción, ácido úrico. Se calcula que, en condiciones normales, se elimina 1,5 l de orina por día.

Panspermia. Hipótesis que sugiere que la vida en la Tierra habría llegado del espacio exterior, ya que habría formas vida diseminadas en el Universo.

Placenta. Tejido formado por CÉLULAS de la madre y del embrión que comunica a ambos y permite el intercambio de sustancias y desechos.

Plaqua. Fragmentos celulares que forman parte de la SANGRE y participan en la COAGULACIÓN.

Plasma. Componente líquido de la SANGRE, constituido principalmente por agua. Transporta diversas moléculas e iones. Contiene, además, las CÉLULAS sanguíneas (glóbulos rojos y blancos) y las PLAQUETAS.

Plasmocito. Tipo de LINFOCITO B que libera sus receptores específicos que circulan en la SANGRE y la linfa, y se denominan ANTICUERPOS.

Pluricelular. ORGANISMO constituido por muchas CÉLULAS que cumplen diferentes funciones de manera coordinada.

Polímero. Del griego *polys*, muchos, y *meros*, parte. Molécula

compuesta por muchas subunidades idénticas o similares.

Primates. Orden de mamíferos en el que se distinguen dos grandes grupos: los prosimios y los MONOS ANTROPOIDES. Entre otras características cuentan con cinco dedos con uñas planas, pulgares oponibles y visión estereoscópica.

Procarionta. Tipo de CÉLULA que carece de un núcleo organizado, y su material genético se encuentra libre en el citoplasma. Tampoco cuenta con ORGANELAS, con la excepción de los ribosomas. Son las células típicas de las bacterias.

Propioceptores. RECEPTORES que se ubican en las vísceras y captan estímulos del interior del ORGANISMO, como la presión sanguínea y la concentración de la glucosa en la SANGRE.

Proteínas. Macromoléculas constituidas por más de diez AMINOÁCIDOS (*polipeptido*), que adoptan una estructura espacial definida. Ejemplos: HEMOGLOBINA, queratina, insulina. Las ENZIMAS también son proteínas.

Receptores sensoriales. CÉLULAS especializadas en la captación de ESTÍMULOS. Según el tipo de estímulo que captan, se distinguen: fotorreceptores (luz), mecanorreceptores (movimientos), termorreceptores (cambios de temperatura), quimiorreceptores (sustancias químicas).

Replicación del ADN. Proceso por el cual se fabrica una copia de la molécula de ADN.

Reproducción. Proceso biológico por el cual se origina un nuevo ORGANISMO. Puede ser asexual o sexual, según intervengan, o no, dos individuos de diferente sexo.

Sistema de órgano. Agrupación y organización de ÓRGANOS que actúan de modo coordinado e interrelacionado en una función común. Ejemplos: sistema digestivo, sistema circulatorio, etcétera.

Respiración celular. Proceso por el cual las CÉLULAS obtienen energía de los NUTRIENTES en condiciones aerobias (con oxígeno).

Sistole. Contracción del MIOCARDIO.

Retroalimentación. Término que significa "control hacia atrás", y hace referencia al mecanismo por medio del cual la acción de un ÓRGANO controla su propio funcionamiento.

Puede ser positiva, si aumenta o estimula el funcionamiento, o negativa, si lo disminuye o inhibe.

Salud. Concepto amplio y complejo en el que intervienen diferentes factores: personales, ambientales, actitudinales y sociales.

Sangre. Tejido animal líquido denominan compuestos del carbono y se caracterizan por tener un "esqueleto" o estructura formada por cadenas de átomos de carbono unidos entre sí a las

glóbulos rojos (ERITROCITOS) y blancos (LEUCOCITOS) y las PLAQUETAS. Su función es el transporte de NUTRIENTES y desechos metabólicos.

Sarcómero. Unidad de contracción muscular.

Selección natural. Mecanismo de la EVOLUCIÓN propuesto por Charles Darwin, según el cual el ambiente ejerce presión sobre los individuos de una población, en la cual existe VARIABILIDAD GENÉTICA. En consecuencia, los que cuenten con las características más ventajosas, es decir, los mejor ADAPTADOS, lograrán sobrevivir, reproducirse y dejar descendencia, transmitiéndoles ese rasgo favorable.

Ser vivo. ORGANISMO que cumple con determinadas funciones y propiedades, como la de estar constituido por una o más CÉLULAS, intercambiar materia y energía con el entorno, mantener la HOMEOSTASIS, crecer y reproducirse, entre otras.

Transducción. Conversión de un ESTÍMULO en una señal eléctrica que puede ser reconocida por el sistema nervioso.

Transformismo. Postura opuesta al FIJISMO que propone que los SERES VIVOS provienen de formas de vida más simples y que cambian en el tiempo.

Transgénicos. ORGANISMOS que contienen en su material genético un GEN proveniente de otro organismo, y que les confiere una nueva característica.

Transporte pasivo y transporte activo. Mecanismos de transporte de moléculas a través de la membrana plasmática semipermeable.

Unicelular. ORGANISMO constituido por una única CÉLULA que cumple con todas las funciones vitales.

Urea. Compuesto químico nitrogenado formado en el hígado a través de un proceso metabólico llamado *ciclo de la urea*. Es un desecho metabólico que se elimina en la ORINA.

Sistole. Contracción del MIOCARDIO.

Sociología de la ciencia.

METACIENCIA que investiga la relación entre la ciencia y la sociedad: cómo es influida y a la vez influye sobre la cultura, la economía, la política, la religión, etcétera.

Suero. Preparado que contiene ANTICUERPOS (inmunoglobulinas) específicos contra un ANTÍGENO particular.

Sustancias orgánicas. Se denominan compuestos del carbono y se caracterizan por tener un "esqueleto" o estructura formada por cadenas de átomos de carbono unidos entre sí a las

que están unidos átomos de hidrógeno.

Tejido. Grupo de CÉLULAS similares que actúan coordinadamente en una función específica. Ejemplos: tejido parenquimático, tejido sanguíneo, tejido muscular, etcétera.

Tendón. TEJIDO conectivo fibroso que une los músculos a los huesos. Puede unir también los músculos a estructuras como el globo ocular.

Traducción. Etapa de la síntesis de PROTEÍNAS en la cual la CÉLULA fabrica una secuencia de AMINOÁCIDOS a partir de la información GENÉTICA del ARN mensajero.

Transcripción. Etapa del proceso de síntesis de PROTEÍNAS en la cual se fabrica una molécula de ARN complementaria a una de las hebras del ADN.

Transducción. Conversión de un ESTÍMULO en una señal eléctrica que puede ser reconocida por el sistema nervioso.

Transformismo. Postura opuesta al FIJISMO que propone que los SERES VIVOS provienen de formas de vida más simples y que cambian en el tiempo.

Transgénicos. ORGANISMOS que contienen en su material genético un GEN proveniente de otro organismo, y que les confiere una nueva característica.

Transporte pasivo y transporte activo. Mecanismos de transporte de moléculas a través de la membrana plasmática semipermeable.

Unicelular. ORGANISMO constituido por una única CÉLULA que cumple con todas las funciones vitales.

Urea. Compuesto químico nitrogenado formado en el hígado a través de un proceso metabólico llamado *ciclo de la urea*. Es un desecho metabólico que se elimina en la ORINA.

Sistole. Contracción del MIOCARDIO.

Sociología de la ciencia.

METACIENCIA que investiga la relación entre la ciencia y la sociedad: cómo es influida y a la vez influye sobre la cultura, la economía, la política, la religión, etcétera.

Suero. Preparado que contiene ANTICUERPOS (inmunoglobulinas) específicos contra un ANTÍGENO particular.

Sustancias orgánicas. Se denominan compuestos del carbono y se caracterizan por tener un "esqueleto" o estructura formada por cadenas de átomos de carbono unidos entre sí a las

carbaminohemoglobina, 105
carbohidrato, ver hidrato de carbono

carbono, compuestos del, 45, 105, 106, 107

carboxihemoglobina, 105
cardias, 89
cariotipo, 184, 216

cartílago, 163
-tejido cartilaginoso, 73, 165

ciego gástrico, 95
ciencia, 10-17
–actividad científica, 14
–artículo científico o *paper*, 268, 269
–conocimiento científico, 14
–ética científica, 25, 29, 233
–historia de la, 11
–lenguaje científico, 267
–libro de ciencias, 270, 271
–metaciencia, 11
–método científico, 12
–póster científico, 272, 273
–procedimientos científicos, 12, 19
–sociología de la, 11, 28, 29
cigota, 205
cinturas (escapular y pélvica), 164
circulación, 110-119
circunducción, 169
citocromo, 106, 107
citoesqueleto, 59
citoplasma, 58, 59
citosina, ver base nitrogenada
clítoris, 202
cloaca, 95
clon/clonación, 18, 76, 226
cloroplasto, 59
coagulación sanguínea, 113, 175
código genético, 219, 224
codón, 218, 219
coenzimas (respiratorias), 106, 107
colágeno, 48
colédoco, 91
colesterol, 53, 62, 86
colon, 92
columna vertebral, 163
complejo enzima-sustrato, 49
comunidad, 39
concentración, gradiente de, 63
–de iones, 122
condrocito, 166
conducto
–auditivo externo, 136
–deferente, 200, 201
conectivo o conjuntivo, tejido, 73
cono (fotorreceptor), 134, 135
contagio, 186
contaminación (y salud), 187
contracción, ver músculo
control
–de la temperatura corporal, 156
–endocrino, 153-155
–involuntario, 149
–nervioso, 149-152
–neuroendocrino, 156
–voluntario, 149
corazón, 114-116
cordado, 163
cordón umbilical, 71, 78-81, 206
córnea, 134
coroides, 134
creacionismo, 241
crecimiento (y desarrollo), 196-209
cristalino, 134
criticismo, 16
cromosoma, 51, 58, 215-217
–en la especie humana, 216
–homólogos, 216
–teoría cromosómica de la herencia, 215
cuerdas vocales, 102
cuerpo
–calloso, 151
–lúteo o amarillo, 202-204
cutícula, 74, 101, 162

CH

Chagas-Mazza, mal de, 29, 187

D

defecación, ver reflejo

defensas, 172-181

–inespecíficas y específicas, 174, 175

deferente, ver conducto

deglución, 88

dendritas, 150

deriva génica, 247

eosinófilo, 112

dermis, 138

desalinización, 121

deshidratación, 121, 122

desoxirribosa, 50

diafragma (método anticonceptivo), 207

anticonceptivo), 207

diafragma (músculo), 103

equilibrio, 137

–hídrico, 46, 122

eritrocito, ver glóbulo rojo

eritropoyetina, 123

diástole, 114

dictiosomas, 59

dientes, 88

diferenciación (celular), 206

difusión

–facilitada, 63

–simple, 63

digestión, 84-79

dinosaurios, extinción de los, 13

dióxido de carbono, 105-107

dipéptido, 48

disacárido, 52

dominante, carácter (genético), 214

Down, síndrome de, 184

duodeno, 90

E

etanol, 57, 66
ETS, ver enfermedad de transmisión sexual
ecdisona, 157
ecografía, 161
ecolocalización, 139
ecología, 19
ecosistema, 39
egestión, 87, 92
elastina, 48
electromiografía, 161
embarazo, 205
embriología, 245
embrión, 78, 205, 206
empírismo, 10
encéfalo, 151
endergónica, reacción, 60
endocitosis, 64
endoesqueleto, 162
endometrio, 202-204
energía
–celular, 60
–flujo de la, 35
–producción de, 100
enfermedad, 184
–de transmisión sexual (ETS), 207
–infecciosa, 186
–vías de transmisión, 186
enzima, 48, 49, 61, 224
–acción enzimática, 49
–digestiva, 88-90, 93
–de restricción, 225, 226
eosinófilo, 112
epidemiología, 188
epidermis, 73, 74, 138
epidídimo, 200, 201
epiglotis, 102
epistemología, 11
epitelio, 73
equilibrio, 137
–hídrico, 46, 122
eritrocito, ver glóbulo rojo
eritropoyetina, 123
diáboleto, 114
dictiosomas, 59
dientes, 88
diferenciación (celular), 206
difusión

F

factor
–de coagulación, 113
–liberador, 156
–mendeliano, 214
FAD/FADH, 106, 107
fagocito, 175
fagocitosis, 64, 175
Fallopio, ver trompa
faringe, 88, 102
fecundación, 205
fenilketonuria, 96
fenotipo, 215
fermentación, 57, 66
fermentador industrial, 61, 66, 226
feromonas, 139
fibra
–alimentaria, 86
–muscular, 168
fibrina, 113
fibrinógeno, 112, 113
fibrocartílago, 167
fibronectina, 233
fijismo, 241
filtración (renal), 124
flagelo, 58
flavoproteína, 106, 107
flexión, 169
floema, 74
flor, 75
flora intestinal, 92

foliculo (ovárico), 202, 203
foliculo-estimulante, ver hormona
fosa nasal, 133
foseta loreal, 139
fosfato (grupo), 50, 60, 106, 107
fosfolípido, 53, 62
fosforilación oxidativa, 106, 107
fósil, 245, 258-261
fotorreceptor, 132, 134
fotosíntesis, 35, 65
fóvea, 134
frecuencia
–álérica, 246
–cardíaca, 114
–respiratoria, 103
fructosa, 52
fruto, 75

G

Galápagos, archipiélago de las, 243, 244
gameta, 199, 216, 217, 246
gametogénesis, 199
ganglio linfático, 176
gástrico, jugo, 89
gen, 215-217, 226

–deriva génica, 247
–flujo génico, 247
generación espontánea, 19, 238
genética, 19, 210-221

–aportes a las teorías evolutivas, 246
–de poblaciones, 246
–forense, 211
–huella, 211
–mendeliana, 24, 210, 213, 214, 246
–moderna, 215-219
genoma, 216, 232

–Proyecto Genoma Humano, 216

genotipo, 215, 217
geocentrismo, 15

giberelina, 157
glande, 201
glándula

–bulboretal, 200, 201
–digestiva, 87

–endocrina, 153-156
–exocrina, 153

–hipofísis, 153-156
–lacrimal, 122

–mixta, 153
–paratiroides, 153, 154

–salival, 88
–sexual, 153, 154

–sudorípara, 122
–suprarrenal, 153, 154

–tiroides, 153, 154
glial, ver célula

glicerol, 53

gliptodonte, 243, 259
globulina, 112
glóbulo
–blanco (leucocito), 78, 112, 174-179
–rojo (eritrocito o hematíe), 72, 78, 111, 112
glomérulo, 124
glucagón, 154, 155
glucemia, 155
glúcido, ver hidrato de carbono
glucocorticoides, 154
glucógeno, 52, 155
glucólipido, 52, 62
glucólisis, 106, 107
glucoproteína, 52
glucosa, 52

–en la respiración celular, 66, 100, 106, 107
–regulación de la glucemia, 155

Golem, 11

Golgi, complejo de, 59

gonadotrofinas, 154, 198

grasa, 53, 86

guanina, ver base nitrogenada

gusto, sentido del, 133

Havers, sistema de, 165

heces, ver materia fecal

heliocentrismo, 15

hematíe, ver glóbulo rojo

hematosis, 102, 104

hemisferios cerebrales, 151

hemocel, 117

hemocianina, 111

hemoglobina, 48, 49, 104, 105, 111, 112

hemolinfa, 111

hemólisis, 112

hemorragia, 113

Henle, asa de, 124

heparina, 113

herencia, 210-221

–caracteres (o características)
hereditarios, 212

–teoría cromosómica de la, 215

heterocigota, 215, 217

heterótrofo, 35, 65

híbrido, 227

higiene, 174, 175

hormona, 155

humor (acuoso y vítreo), 134

íleon, 90

implantación (del embrión), 205

implante

–coclear, 131

–cortical, 131

impulso nervioso, 148, 150

infección, 186

infertilidad, 207

inflamación, 174, 175

ingeniería genética, 225, 226, 232

ingestión, 87, 88

inmunidad, 177-179

–memoria inmunológica, 177, 179

–respuesta inmune, 174,

175, 177-179, 183

inmunodeficiencia, 80

inseminación artificial, 207
inspiración, 103
insulina, 48, 154, 155
–producida por biotecnología, 222
Internet, búsqueda de información, 274, 275
interceptor, 132
intestino
–delgado, 90, 91
–grueso, 92
iris, 134
irritabilidad, 37
isótónica, solución, 63

K

Koch, bacilo de, 182
Krause, corpúsculo de, 138
Krebs, ciclo de, 106, 107

L

lactato, ver ácido láctico
lactosa, 52
laringe, 102
lengua, 133
lenguaje, adquisición del, 256
lentes, ver vista o visión
leucemia, 80
leucocito, ver glóbulo blanco
levadura, 57, 66, 224
ligamento, 167
ligasa, 225
línea lateral (peces), 139
linfa, 176
linfocina, 178
linfocitos, 112, 176-179
lipasa, 89, 90
lípido, 53
–en los alimentos, 86
–saturado e insaturado, 86

lisosoma, 59
lisozima, 88, 174
luteinizante, ver hormona

<

médula
–espinal, 151
–ósea, 78, 79, 165, 176

megacariocito, 113
megaterio, 259
meiosis, 68, 199, 215, 216, 246
Meissner, corpúsculo de, 138
melanina, 138
membrana

–modelo del mosaico fluido, 62
–origen de la, 240
–oval, 136
–plasmática o celular, 58, 59
–transporte a través de la, 63, 64

menisco, 167
menstruación / ciclo menstrual, 204

mesonefros, 125
metabolismo, 57, 60, 94, 122

metamorfosis (en insectos), 157
metanefrido, 125

metanefros, 125
meteorismo, 92

método
–anticonceptivo, ver anticoncepción
–científico, ver ciencia

micción, ver reflejo
microorganismos, 174

microscopio, 22, 25
mielina, 150

minerales, 47, 86
mineralocorticoides, 154

miocardio, 114, 168
miosina, 48, 168

mitocondria, 59, 66, 101, 106, 107

mitosis, 68, 205
mitral, ver bicusíspide

modelo (científico), 14, 15
molécula, 39

molleja, 95
mono, ver primate

monocito, 112
monómero, 45

monosacárido, 52
monóxido de carbono, 105

morfogénesis, 206
mórrula, 205

mucosa, 102, 174
–amarilla, 102, 133

–pituitaria, 133
–roja, 102

muda, 157, 163
músculo/s, 163, 168, 169

–antagónicos, 169
–calambres, 57

–cardíaco, ver miocardio
–contracción muscular, 48, 168

–del cuerpo humano, 169

–estriado o esquelético, 168, 169
–intercostales, 103

–liso, 168
–tejido muscular, 73, 168

mutación, 219, 227, 246

N

NAD / NADH, 106, 107

nariz, 102, 133
nasal, fosa, 102

natalidad, control de la, 207

neandertales, 255, 256

nefrón, 124

neodarwinismo, ver evolución

nervio/s, 152

–auditivo, 136
–óptico, 134, 135

–vestibular, 137

neurohormona, 156

neurona, 72, 73, 146, 148, 150

neurotransmisor, 148, 150

neutrófilo, 112

nitrogenada, base, 50

nociceptor, 132

notocorda, 163

noxa, 185

núcleo celular, 58, 59

nucleoide, 58

nucleótido, 50, 51, 218

nutriente / nutrición, 86, 94, 128-131

–para la producción de energía, 100

O

oceano primitivo, 240

OGM, ver organismo genéticamente modificado

oído, 136, 137

ojo, 134

olfato, sentido del, 133

oligopéptido, 48

oligosacárido, 52

olor, 133

opérculo, 101

organelo celular, 39, 58, 59

organismo, 39

–genéticamente modificado (OGM) o transgénico, 18, 43, 225-229

organización de la materia, niveles de, 38, 39

órgano, 39, 74, 75

–análogo, 245

–de Corti, 136

–de los sentidos, 132

–efector, 149

–excretor, 122

–homólogo, 245
–linfoidal, 176
–receptor, 149
–sistema de órganos, 39, 75

origen
–de las especies, 244
–de los seres vivos, 238, 239

–del hombre, 250, 252

orina, 123, 124

osificación endocondral, 166

ósmosis, 63

–inversa, 121

osteoblasto, 166

osteocito, 166

osteoclasto, 166

osteoplasto, 166

osteoporosis, 80, 166

otolitos, 137

ovario, 153, 202, 203

–hormonas del, 154, 155, 198

ovoalbúmina, 48

ovocito, 199, 203

ovogénesis, 199

ovogonio, 199

ovulación, 202-204

óvulo, 199, 202-205

oxidación (de la glucosa), 106, 107

oxígeno, 100, 104-107, 239

–transporte de, 111, 112

oxihemoglobina, 105

oxitocina, 154

piruvato, ver ácido pirúvico
pituitaria, ver mucosa
placenta, 80, 206

planificación familiar, 207

placa, 78, 112, 113

plasma, 112

plásmido, 58, 226

plasmocito, 178

platirrino, 252

pleura, 102

pluricelular, 36, 72

población, 39

polímero, 45

polipéptido, 48, 49, 218, 219

polisacárido, 52

Popol Vuh, 236

porta, vena, 91

prepucio, 201

preservativo, 207

presión sanguínea, 115

primates, 252

probiótico, 224

procariota, ver célula

progesterona, 154, 155, 198, 204

prolactina, 154

pronación, 169

propioceptor, 132

proximio, 252

próstata, 200, 201

proteína/s, 48, 49, 62

–en los alimentos, 86

–estructura, 49

–recombinante, 225

–síntesis de, 50, 218, 219

–transportadora, 63

protonefrido, 125

protrombina, 113

pubertad, 198, 200

pulmón, 102

Punnett, cuadro de, 217

punto ciego, 134

pupila, 134

pus, 175

Q

queratina, 48

queso, fabricación del, 56, 61

quiasma óptico, 135

quito, 92

quimiorreceptor, 132, 133, 139

quimiotripsina, 90

quimo, 90

quimosina, 61

quitina, 52, 101, 162

R

racionalismo, 10

racismo, 257

radiología, 161

raíz, 75

razas humanas, 233, 257
reasorción (renal), 124
receptor sensorial, 132

recesivo, carácter, 214

recto, 92

reflejo, 151, 152

–de defecación, 92

–de micción, 123

REG, ver retículo endoplasmático

REL, ver retículo endoplasmático

Índice onomástico

288

- Aristóteles** (384-322 a. C.), filósofo griego, 18, 42, 238, 241
- Avery, Oswald Theodore** (1877-1955), médico canadiense, 222
- Bacon, Roger** (1214-1292), filósofo y teólogo inglés, 130
- Bateson, William** (1861-1926), generista inglés, 210
- Bombard, Alain** (1924-2005), médico francés, 120
- Boyer, Paul Delos** (n. 1918), bioquímico estadounidense, Premio Nobel de Química (1997), 100
- Broca, Paul Pierre** (1824-1880), fisiólogo, anatomista y antropólogo francés, 146
- Collins, Harry**, científico inglés, 11
- Copérnico, Nicolás** (1473-1543), astrónomo polaco, 15
- Crick, Francis Harry Compton** (1916-2004), físico inglés, Premio Nobel de Medicina (1962), 23, 42, 222
- Darwin, Charles Robert** (1809-1882), naturalista inglés, 24, 237, 243, 257, 261
- Dawkins, Clinton Richard** (n. 1941), etólogo y evolucionista británico, 257
- De Vries, Hugo** (1848-1935), botánico holandés, 246
- Descartes, René** (1596-1650), filósofo y matemático francés, 10
- Escudero, Pedro** (1877-1963), médico argentino, 94
- Fleming, Alexander** (1881-1955), microbiólogo escocés, Premio Nobel de Medicina (1945), 172
- Fox, Sidney W.** (1912-1998), bioquímico estadounidense, 240
- Franklin, Rosalind Elsie** (1920-1958), física inglesa, 23
- Galen** (129-199), médico y filósofo griego, 91
- Gall, Francis Joseph** (1758-1828), anatomista austriaco, 146
- Haldane, John B.** (1892-1964), biólogo inglés, 239
- Hipócrates** (460-377 a. C.), médico griego, 42, 160
- Hooke, Robert** (1635-1703), científico inglés, 22
- Hubble, Edwin Powell** (1889-1953), astrónomo estadounidense, 32
- Hubel, David Hunter** (n. 1926), matemático, físico y neurólogo canadiense, Premio Nobel de Medicina (1981), 135
- Hume, David** (1711-1776), filósofo e historiador escocés, 10
- Jenner, Edward** (1749-1823), médico inglés, 182
- Kant, Immanuel** (1724-1804), filósofo alemán, 16
- Keller, Helen Adams** (1880-1968), autora, activista y maestra sordo-ciega estadounidense, 138
- Keynes, Richard** (n. 1919), fisiólogo británico, 261
- Koch, Robert** (1843-1910), médico alemán, Premio Nobel de Medicina (1905), 182
- Lamarck, Jean-Baptiste** [Pierre Antoine de Monet, Caballero de] (1744-1829), naturalista francés, 242
- Leclerc, George-Louis**, conde de Buffon (1707-1788), naturalista francés, 241
- Leonardo [di ser Piero da Vinci]** (1452-1519), pintor, escultor, ingeniero, inventor.. italiano, 267
- Lewontin, Richard Charles «Dick»** (n. 1929), biólogo evolucionista y genetista estadounidense, 257
- Linneo [Karl von Linné]** (1707-1778), botánico sueco, 241
- Lipmann, Fritz Albert** (1899-1986), bioquímico alemán, Premio Nobel de Medicina (1953), 100
- Mendel, Gregor Johann** (1822-1884), monje y naturalista austriaco, 24, 210, 267
- Miller, Stanley Lloyd** (n. 1930), químico estadounidense, 240
- Needham, John Turberville** (1713-1781), sacerdote jesuita inglés, 20
- Newton, Isaac** (1642-1727), físico inglés, 10, 28, 267
- Oparin, Alexander Ivanovich** (1894-1980), bioquímico ruso, 239
- Paracelso** (1493-1541), médico suizo, 18
- Paré, Ambroise** (1510-1590), cirujano francés, 18
- Pasteur, Louis** (1822-1895), microbiólogo y químico francés, 57, 182, 238
- Penfield, Wilder Graves** (1891-1976), neurocirujano canadiense, 141
- Pinch, Trevor J.**, físico y sociólogo irlandés, 11
- Ptolomeo, Claudio** (85-165), astrónomo y matemático griego, 15
- Ramón y Cajal, Santiago** (1852-1934), neurofisiólogo español, Premio Nobel de Medicina (1906), 23
- Redi, Francesco** (1626-1697), fisiólogo italiano, 20
- Schleiden, Matthias Jacob** (1804-1881), botánico alemán, 22
- Schwann, Friedrich Theodor** (1810-1882), fisiólogo alemán, 22
- Servet, Miguel** [Miguel Serveto y Conesa] (1511-1553), teólogo y científico español, 18
- Spallanzani, Lazzaro** (1729-1799), biólogo italiano, 20
- Spencer, Herbert** (1820-1903), filósofo inglés, 257
- Sutton, Walter Stanborough** (1877-1916), biólogo estadounidense, 215
- Urey, Harold Clayton** (1893-1981), químico estadounidense, Premio Nobel de Química (1934), 240
- Van Helmont, Jan Baptista** (1577-1644), químico belga, 20
- Van Leeuwenhoek, Antony** [Thonius Philips] (1622-1723), comerciante holandés, 22
- Vesalius, Andreas** (1514-1564), anatomista belga, 18
- Walker, John E.** (n. 1941), químico inglés, Premio Nobel de Química (1997), 100
- Watson, James Dewey** (n. 1928), biólogo estadounidense, Premio Nobel de Medicina (1962), 23, 42, 222
- Went, Frits Warmolt** (1903-1990), botánico alemán, 158
- Wiesel, Torsten Nils** (n. 1924), científico sueco, Premio Nobel de Medicina (1981), 135
- Wilkins, Maurice Hugh Frederick** (1916-2004), físico neocelandés, Premio Nobel de Medicina (1962), 23
- Wilson, Edward Osborne** (n. 1929), entomólogo estadounidense, 257
- Wöhler, Friedrich** (1800-1882), químico alemán, 45

Entrevistas

- Del Pozo, Ana**, médica hematóloga, 78-81
- Kreimer, Pablo**, sociólogo, 28, 29
- Kornblith, Alberto**, biólogo y químico, 232, 233
- Manera, Teresa**, geóloga y paleontóloga, 258-261
- Pasqualini, Diana**, médica pediatra, 128-131
- Polti, Sandra**, profesora de sordos e intérprete de la comunidad sorda, 178, 179
- Tonietti, Miriam**, médica pediatra, 128-131