

CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE  
**BIOLOGÍA**

SOLOMON | BERG | MARTIN

# CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE BIOLOGÍA

**ELDRA P. SOLOMON**

*University of South Florida, Tampa  
Hillsborough Community College*

**LINDA R. BERG**

*University of Maryland, College Park  
St. Petersburg College*

**DIANA W. MARTIN**

*Rutgers University*

## Traducción

Ana Elizabeth García Hernández • Hugo Villagómez Velázquez  
Jorge Humberto Romo Muñoz • Víctor Campos Olguín

## Revisión técnica

**Dra. Yazmín Nieves-Jiménez**

*Catedrática e investigadora científica  
Universidad de Puerto Rico Recinto de Río Piedras*

**Biólogo Vicente Gerardo Hernández Hernández**

*Director y académico de la Escuela Preparatoria  
de la Universidad La Salle México. Unidad Condesa*

**Lic. Rocío Cárdenas Romero**

*Licenciada en Biología y Química, Universidad Libre de Colombia  
Especialista en Metodología de la Educación, Universidad de Sao Paulo  
Aspirante al título de Magister en Edición Digital de la Universidad de Alcalá*

**Maestro en Ciencias Jorge Alan López Velázquez**

*Académico de la Escuela Preparatoria  
de la Universidad La Salle México. Unidad Condesa*

**Lic. Pablo S. Salomón**

*Diplomado Superior en Enseñanza de las Ciencias por la Facultad Latinoamericana  
de Ciencias Sociales sede académica Argentina (FLACSO/Argentina)  
Licenciado en Ciencias Biológicas por la Universidad de Buenos Aires (UBA)*

**Biólogo Lauro Ayala Garduño**

*Coordinador de colegio y Jefe del Laboratorio de Biología de la Escuela  
Preparatoria de la Universidad La Salle México. Unidad Condesa*



Australia • Brasil • Estados Unidos • México • Reino Unido • Singapur



**Conceptos fundamentales de biología**

**Primera edición**

Eldra P. Solomon

Linda R. Berg

Diana W. Martin

**Director Higher Education**

**Latinoamérica:**

Renzo Casapía Valencia

**Gerente editorial Latinoamérica:**

Jesús Mares Chacón

**Editora:**

Abril Vega Orozco

**Coordinador de manufactura:**

Rafael Pérez González

**Diseño de portada:**

Anneli Daniela Torres Arroyo

**Imagen de portada:**

©Studio\_G / Shutterstock

**Composición tipográfica:**

Ediciones OVA

© D.R. 2021 por Cengage Learning Editores, S.A. de C.V., una Compañía de Cengage Learning, Inc. Carretera México-Toluca núm. 5420, oficina 2301. Col. El Yaqui. Del. Cuajimalpa. C.P. 05320. Ciudad de México. Cengage Learning® es una marca registrada usada bajo permiso.

DERECHOS RESERVADOS. Ninguna parte de este trabajo amparado por la Ley Federal del Derecho de Autor, podrá ser reproducida, transmitida, almacenada o utilizada en cualquier forma o por cualquier medio, ya sea gráfico, electrónico o mecánico, incluyendo, pero sin limitarse a lo siguiente: fotocopiado, reproducción, escaneo, digitalización, grabación en audio, distribución en internet, distribución en redes de información o almacenamiento y recopilación en sistemas de información a excepción de lo permitido en el Capítulo III, Artículo 27 de la Ley Federal del Derecho de Autor, sin el consentimiento por escrito de la Editorial.

Traducción y adaptación del libro:

*Biology*. Ninth Edition.

Eldra P. Solomon, Linda R. Berg y Diana W. Martin.

Publicado en inglés por Brooks/Cole,

una compañía de Cengage Learning © 2011

ISBN: 978-0-538-74125-5

Datos para catalogación bibliográfica:

Solomon, Eldra P., Linda R. Berg y Diana W. Martin

*Conceptos fundamentales de biología*.

Primera edición.

ISBN: 978-607-526-962-/

Visite nuestro sitio en:

<http://latinoamerica.cengage.com>

Publicado en México

1 2 3 4 5 6 7 23 22 21 20

---

## DEDICATORIA

---

A nuestras familias, amigos y compañeros que nos han regalado desinteresadamente su cariño, apoyo, conocimientos y tiempo durante la elaboración de esta obra.

Especialmente a  
Freda, Kathleen, Mical, Amy y Belicia  
Alan y Jeniffer  
Chuck y Margaret

## ACERCA DE LAS AUTORAS



**ELDRA P. SOLOMON** ha escrito varios libros de texto destacados a nivel universitario de biología, anatomía humana y fisiología. Sus libros han sido traducidos a más de 10 idiomas. La Dra. Solomon obtuvo la Maestría en Ciencias por la Universidad de Florida y la Maestría en Administración, así como el Doctorado, de la Universidad del Sur de la Florida. Ha sido profesora de biología y enfermería durante más de 20 años.

Además de ser bióloga y autora científica, la Dra. Solomon es psicóloga con un interés especial en la neurofisiología de experiencias traumáticas. Su investigación se ha centrado en los efectos neurológicos, endocrinos y psicológicos de traumas, incluyendo el trastorno del estrés post-traumático y desarrollo de estrategias para manejos mal adaptados.

La Dra. Solomon ha presentado su trabajo de investigación en numerosas conferencias nacionales e internacionales, y sus obras han aparecido en las principales publicaciones profesionales. La Dra. Solomon ha sido citada en más de 30 ocasiones en importantes ediciones, incluyendo *Who's Who in America*, *Who's Who in Science and Engineering*, *Who's Who in Medicine and Healthcare*, *Who's Who in American Education*, *Who's Who of American Women* y *Who's Who in the World*.



**LINDA R. BERG** es profesora y autora de libros de texto galardonada. Es licenciada en Educación científica, y realizó su Maestría en Ciencias en botánica y el Doctorado en filosofía vegetal en la Universidad de Maryland. Su investigación se ha enfocado hacia las implicaciones evolutivas de las rutas de biosíntesis de esteroides en diversos organismos.

La Dra. Berg ha sido profesora en el Colegio Universitario Park de la Universidad de Maryland durante 17 años y en el Colegio Universitario de San Petersburg en Florida durante 8 años. En su carrera, ha impartido cursos de introducción a la biología, botánica y ciencias ambientales a miles de estudiantes. En la Universidad de Maryland recibió numerosos premios de excelencia educativa y de servicio. La Dra. Berg también ha recibido múltiples premios regionales y nacionales, incluyendo el Premio de la Sociedad Nacional de profesores a la innovación de la enseñanza científica en la Universidad, el premio por servicios a estudiantes discapacitados en el área de la capital de la nación, así como el Premio de la Academia de Ciencias de Washington por la enseñanza de ciencias de la Universidad.

Durante su carrera profesional como escritora científica profesional, la Dra. Berg ha sido la autora o coautora de varios e importantes textos científicos universitarios. Su escritura refleja su estilo de enseñanza y su amor por la ciencia.



**DIANA W. MARTIN** es la directora de la sección de Biología General de la División de ciencias de la vida de la Universidad de Rutgers, en el plantel de New Brunswick. Realizó su Maestría en ciencias en la Universidad Estatal de Florida, donde estudió los cromosomas de especies vegetales relacionadas entre sí para comprender sus relaciones evolutivas. Obtuvo el Doctorado en la Universidad de Texas en Austin, donde estudió la genética de la mosca de la fruta, *Drosophila melanogaster* y, a continuación, realizó su investigación posdoctoral en la Universidad de Princeton. Ha enseñado biología general y otros cursos en la Universidad de Rutgers durante más de 25 años y ha participado en la escritura de libros de texto desde 1988. Se siente inmensamente feliz de que su decisión de estudiar biología en la universidad haya dado lugar a una carrera que le ha permitido encontrar muchas formas de compartir su emoción sobre cualquier aspecto de la biología.

# Contenido breve

**Prefacio** xv

**Al estudiante** xxi

**Capítulo 1** Una visión de la vida 1

**Capítulo 2** Átomos y moléculas: La base química de la vida 26

**Capítulo 3** La química de la vida: Compuestos orgánicos 46

**Capítulo 4** Organización de la célula 74

**Capítulo 5** Membranas biológicas 106

**Capítulo 6** Comunicación celular 134

**Capítulo 7** Energía y metabolismo 154

**Capítulo 8** ¿Cómo producen ATP las células? Rutas de liberación de energía 172

**Capítulo 9** Fotosíntesis: captura de energía luminosa 193

**Capítulo 10** Cromosomas, mitosis y meiosis 213

**Capítulo 11** Los principios básicos de la herencia 237

**Capítulo 12** ADN: Molécula portadora de la información genética 263

**Capítulo 13** Expresión génica 282

**Capítulo 14** Regulación génica 307

**Capítulo 15** Tecnología ADN y genómica 323

**Capítulo 16** Genética humana y el genoma humano 347

**Capítulo 17** Genética del desarrollo 369

**Capítulo 18** Señalización neuronal 391

**Capítulo 19** Regulación endocrina 413

**Capítulo 20** Desarrollo animal 438

**Capítulo 21** Virus y agentes subvirales 459

**Capítulo 22** Bacterias y arqueas 475

**Apéndice A** Tabla periódica de los elementos A-1

**Apéndice B** Comprensión de términos biológicos A-2

**Glosario** G-1



# Contenido detallado

## CAPÍTULO 1

### Una visión de la vida 1

#### Tres temas básicos 2

#### Características de la vida 2

- Los organismos están compuestos por células 2
- Los organismos crecen y se desarrollan 3
- Los organismos regulan sus procesos metabólicos 3
- Los organismos responden a estímulos 4
- Los organismos se reproducen 4
- Las poblaciones evolucionan y se adaptan al medio ambiente 5

#### Niveles de organización biológica 5

- Los organismos presentan diferentes niveles de organización 6
- Se pueden identificar varios niveles de organización ecológica 6

#### Transferencia de Información 6

- El ADN transmite información de una generación a la siguiente 6
- La información se transmite por señales químicas y eléctricas 8

#### La energía de la vida 8

#### Evolución: El concepto básico unificador en biología 10

- Los biólogos utilizan un sistema binominal para nombrar a los organismos 11
- La clasificación taxonómica es jerárquica 11
- El árbol evolutivo de la vida incluye tres dominios y varios reinos 11
- Las especies se adaptan en respuesta a cambios en el ambiente 14
- La selección natural es un importante mecanismo por el cual la evolución sigue su curso 14
- Las poblaciones evolucionan como resultado de presiones selectivas de los cambios en su entorno 15

#### El proceso de la ciencia 15

- La ciencia requiere de procesos de pensamiento sistemáticos 16
- Los científicos hacen observaciones cuidadosas y preguntas críticas 16
- La oportunidad con frecuencia desempeña un papel en el descubrimiento científico 17
- Una hipótesis es una afirmación comprobable 17
- Muchas predicciones se pueden probar por experimentación 18
- Los investigadores deben evitar el sesgo 19
- Los científicos interpretan los resultados de los experimentos y obtienen conclusiones 19
- Una teoría se apoya con la prueba de hipótesis 19

Muchas hipótesis no pueden ser probadas con experimentación directa 19

Los cambios de paradigma permiten nuevos descubrimientos 21

La biología sistémica integra diferentes niveles de información 21

La ciencia tiene dimensiones éticas 22

## CAPÍTULO 2

### Átomos y moléculas: la base química de la vida 26

#### Elementos y átomos 27

- Un átomo se identifica únicamente por su número de protones 27
- La suma de protones y neutrones determina la masa atómica 28
- Los isótopos de un elemento difieren en el número de neutrones 29
- Los electrones se mueven en orbitales que corresponden a diferentes niveles de energía 30

#### Reacciones químicas 31

- Los átomos forman compuestos y moléculas 31
- Las fórmulas químicas simplificadas, moleculares, y estructurales dan información diferente 31
- Un mol de cualquier sustancia contiene el mismo número de unidades 31
- Las ecuaciones químicas describen reacciones químicas 32

#### Enlaces químicos 32

- En los enlaces covalentes se comparten los electrones 32
- Se forman enlaces iónicos entre los cationes y aniones 34
- Los enlaces o puentes de hidrógeno son atracciones débiles 36
- Las interacciones de van der Waals son fuerzas débiles 36

#### Reacciones redox 36

#### Agua 37

- Los enlaces de hidrógeno se forman entre moléculas de agua 37
- Las moléculas de agua interactúan con sustancias hidrófilas mediante enlaces de hidrógeno 38
- El agua ayuda a mantener la temperatura estable 38

#### Ácidos, bases y sales 40

- El pH es una medida conveniente de acidez 41
- Los amortiguadores minimizan los cambios de pH 42
- Un ácido y una base reaccionan para formar una sal 42

**La química de la vida: compuestos orgánicos 46****Átomos de carbono y moléculas orgánicas 47**

Los isómeros tienen la misma fórmula molecular pero diferente estructura 48

Los grupos funcionales modifican las propiedades de las moléculas orgánicas 48

Muchas moléculas biológicas son polímeros 51

**Carbohidratos 51**

Los monosacáridos son azúcares simples 52

Los disacáridos están formados por dos unidades de monosacáridos 53

Los polisacáridos pueden almacenar energía o servir de estructura 53

Algunos carbohidratos modificados y complejos tienen funciones especiales 55

**Lípidos 56**

Los triacilgliceroles (triglicéridos) se forman a partir de glicerol y tres ácidos grasos 57

Los ácidos grasos saturados e insaturados difieren en sus propiedades físicas 57

Los fosfolípidos son componentes de las membranas celulares 58

Los carotenoides y otros muchos pigmentos se derivan de unidades de isopreno 59

Los esteroides tienen cuatro anillos de átomos de carbono 59

Algunos mediadores químicos son lípidos 59

**Proteínas 60**

Los aminoácidos son las subunidades de las proteínas 60

Los aminoácidos están unidos por enlaces peptídicos 61

Las proteínas tienen cuatro niveles de organización 61

La secuencia de aminoácidos de una proteína determina su conformación 66

**Ácidos nucleicos 68**

Algunos nucleótidos son importantes en las transferencias de energía y en otras funciones celulares 68

Identificación de las moléculas biológicas 69

**CAPÍTULO 4****Organización de la célula 74****La célula: Unidad básica de la vida 75**

La teoría celular es un concepto unificador en biología 75

La organización de todas las células es básicamente semejante 75

El tamaño celular es limitado 75

El tamaño y la forma de la célula se adaptan a la función 76

**Métodos para estudiar las células 77**

Los microscopios ópticos se utilizan para estudiar células teñidas o vivas 77

Los microscopios electrónicos proporcionan imágenes de alta resolución que se pueden ampliar enormemente 79

Los biólogos utilizan técnicas bioquímicas para estudiar los componentes de la célula 79

**Células procariotas y eucariotas 81**

Los orgánulos de células procariotas no están rodeados de membranas 81

Las membranas dividen a la célula eucariota en compartimentos 82

**El núcleo de la célula 86****Orgánulos del citoplasma 89**

Los ribosomas fabrican proteínas 89

El retículo endoplásmico es una red de membranas internas 89

El complejo de Golgi procesa, clasifica y modifica las proteínas 91

Los lisosomas son compartimentos para la digestión 93

Las vacuolas son grandes sacos llenos de fluido con diversas funciones 93

Los peroxisomas metabolizan compuestos orgánicos pequeños 93

Las mitocondrias y los cloroplastos son orgánulos que convierten la energía 94

Las mitocondrias producen ATP a través de la respiración celular 94

Los cloroplastos convierten la energía de la luz en energía química por medio de la fotosíntesis 96

**El citoesqueleto 97**

Los microtúbulos son cilindros huecos 97

Los centrosomas y los centriolos participan en la división celular 98

Los cilios y los flagelos están compuestos de microtúbulos 98

Los microfilamentos están compuestos de cadenas entrelazadas de actina 99

Los filamentos intermedios ayudan a estabilizar la forma de la célula 101

**Moléculas que rodean las células o cubiertas celulares 101****CAPÍTULO 5****Membranas biológicas 106****La estructura de las membranas biológicas 107**

Los fosfolípidos forman bicapas en el agua 107

El modelo de mosaico fluido explica la estructura de membrana 108

Las membranas biológicas son fluidos bidimensionales 109

Las membranas biológicas se fusionan y forman vesículas cerradas 111

Las proteínas de membrana incluyen proteínas integrales y periféricas 111

Las proteínas están orientadas asimétricamente a través de la bicapa 113

**Descripción de las funciones de las proteínas de membrana 114****Estructura y permeabilidad de la membrana celular 115**

Las membranas biológicas constituyen una barrera para las moléculas polares 115

Las proteínas de transporte pasan las moléculas de un lado a otro de las membranas 115

### Transporte pasivo 116

La difusión se produce por un gradiente de concentración 116

La ósmosis es la difusión de agua a través de una membrana semipermeable 117

La difusión facilitada se realiza a favor de un gradiente de concentración 119

### Transporte activo 121

El sistema de transporte activo “bombea” sustancias contra sus gradientes de concentración 121

Las proteínas transportadoras pueden transportar uno o dos solutos 123

Los sistemas de cotransporte proporcionan energía indirectamente para el transporte activo 123

### Exocitosis y endocitosis 123

En la exocitosis, las vesículas exportan grandes moléculas 123

En la endocitosis, la célula importa materiales 125

### Uniones celulares 127

Las uniones de anclaje conectan las células de una lámina epitelial 127

Las uniones estrechas sellan los espacios intercelulares entre algunas células animales 128

Las uniones en hendidura permiten la transferencia de pequeñas moléculas e iones 129

Los plasmodesmos les permiten a ciertas moléculas e iones moverse entre las células vegetales 129

## CAPÍTULO 6

### Comunicación celular 134

Comunicación celular: Resumen general 135

Envío de señales 136

Recepción de señales 137

Las células regulan la recepción 138

En la superficie celular hay tres tipos de receptores 139

Algunos receptores se localizan dentro de la célula 141

Transducción de señal 141

Las moléculas de señalización pueden actuar como interruptores moleculares 141

Los receptores acoplados a canal iónico abren o cierran canales 141

Los receptores acoplados a proteínas G inician la transducción de señal 142

Los segundos mensajeros son agentes de señalización intracelulares 143

Muchos receptores acoplados a enzima activan proteínas quinasa para rutas de señalización 146

Muchos receptores intracelulares activados son factores de transcripción 147

Las proteínas de andamiaje aumentan la eficiencia 147

Las señales pueden ser transmitidas en varias direcciones 147

### Respuestas a las señales 147

Las rutas Ras implican a los receptores tirosina quinasa y a las proteínas G 148

La respuesta a una señal es amplificada 148

Las señales deben terminar 149

### Evolución de la comunicación celular 150

## CAPÍTULO 7

### Energía y metabolismo 154

Trabajo biológico 155

Los organismos realizan conversiones entre energía potencial y energía cinética 155

Las leyes de la termodinámica 155

La energía total en el universo no cambia 155

La entropía del universo es creciente 156

Energía y metabolismo 156

La entalpía es la energía potencial total de un sistema 157

La energía libre está disponible para realizar trabajo celular 157

Las reacciones químicas implican cambios en la energía libre 157

La energía libre disminuye durante una reacción exergónica 157

La energía libre se incrementa durante una reacción endergónica 157

La difusión es un proceso exergónico 158

Los cambios en la energía libre dependen de la concentración de reactivos y productos 158

Las células impulsan reacciones endergónicas acoplándolas a reacciones exergónicas 158

ATP, la moneda energética de la célula 159

El ATP cede energía mediante la transferencia de un grupo fosfato 160

El ATP acopla reacciones exergónicas y endergónicas 160

La célula mantiene una muy alta proporción de ATP a ADP 160

Transferencia de energía en reacciones redox 161

La mayoría de los transportadores de electrones transfieren átomos de hidrógeno 161

Enzimas 162

Todas las reacciones requieren de energía de activación 162

Una enzima disminuye la energía de activación de una reacción 163

Una enzima funciona formando un complejo enzima-sustrato 163

Las enzimas son específicas 164

Muchas enzimas requieren cofactores 164

Las enzimas son más efectivas en condiciones óptimas 165

Las enzimas se organizan en equipos en las rutas metabólicas 166

La célula regula la actividad enzimática 166

Las enzimas son inhibidas por ciertos agentes químicos 168

Algunos fármacos son inhibidores enzimáticos 168

## CAPÍTULO 8

### ¿Cómo producen ATP las células? Rutas de liberación de energía 172

Reacciones redox 173

#### Las cuatro etapas de la respiración aeróbica 173

En la glucólisis, la glucosa produce dos piruvatos 175

El piruvato se convierte en acetil CoA 177

El ciclo del ácido cítrico oxida la acetil CoA 177

La cadena de transporte de electrones está acoplada a la síntesis de ATP 177

**Preguntas acerca de:** Transporte de electrones y calor 183

La respiración aeróbica de una molécula de glucosa produce un máximo de 36 a 38 ATP 184

Las células regulan la respiración aeróbica 186

#### Producción de energía a partir de nutrientes diferentes a la glucosa 186

#### Respiración anaeróbica y fermentación 187

La fermentación alcohólica y la fermentación del lactato son ineficientes 188

## CAPÍTULO 9

### Fotosíntesis: captura de energía luminosa 193

Luz y fotosíntesis 194

#### Cloroplastos 195

La clorofila se localiza en la membrana del tilacoide 195

La clorofila es el principal pigmento fotosintético 196

#### Resumen general de fotosíntesis 198

El ATP y el NADPH son productos de las reacciones dependientes de luz: Un resumen general 198

Los carbohidratos se producen durante las reacciones de fijación de carbono: Una descripción 199

#### Reacciones dependientes de luz 199

Los fotosistemas I y II consisten en un centro de reacción y de múltiples complejos antena 200

El transporte acíclico de electrones produce ATP y NADPH 200

El transporte cíclico de electrones produce ATP pero no NADPH 202

La síntesis de ATP ocurre por quimiosmosis 202

#### Reacciones de fijación de carbono 204

La mayoría de las plantas utilizan el ciclo de Calvin para fijar el carbono 204

La fotorrespiración reduce la eficiencia fotosintética 206

La etapa inicial de la fijación del carbono difiere en las plantas  $C_4$  y en las plantas CAM 206

Las plantas CAM fijan el  $CO_2$  durante la noche 207

#### Diversidad metabólica 208

Fotosíntesis en plantas y en el ambiente 209

## CAPÍTULO 10

### Cromosomas, mitosis y meiosis 213

#### Cromosomas eucariotas 214

El ADN está organizado en unidades de información llamadas genes 214

El ADN se condensa en forma altamente organizada en los cromosomas 214

El número de cromosomas y el contenido de información difieren entre las especies 215

#### Ciclo celular y mitosis 217

Los cromosomas se duplican durante la interfase 217

Los cromosomas duplicados se hacen visibles al microscopio durante la profase 218

La prometafase inicia cuando se rompe la envoltura nuclear 220

Durante la metafase los cromosomas duplicados se alinean sobre el plano medio 220

Durante la anafase, los cromosomas se mueven hacia los polos 221

Durante la telofase, se forman dos núcleos separados 221

La citocinesis forma dos células hijas separadas 222

La mitosis produce dos células genéticamente idénticas a la célula parental 222

Sin núcleos, las procariotas se dividen por fisión binaria 222

#### Regulación del ciclo celular 223

#### Reproducción sexual y meiosis 225

La meiosis produce células haploides con combinaciones genéticas únicas 227

La profase I incluye sinapsis y entrecruzamiento 230

Durante la meiosis I, los cromosomas homólogos se separan 231

Las cromátidas se separan en la meiosis II 231

La mitosis y la meiosis conducen a resultados contrarios 231

#### Ciclos de vida sexuales 233

## CAPÍTULO 11

### Los principios básicos de la herencia 237

#### Principios de Mendel sobre la herencia 238

Los alelos se separan antes de que se formen los gametos: principio de segregación 241

Los alelos ocupan lugares correspondientes en los cromosomas homólogos 242

Un cruzamiento monohíbrido implica individuos con diferentes alelos de un locus dado 242

Cruzamiento dihíbrido implica a individuos que tienen diferentes alelos en dos loci 245

Los alelos sobre cromosomas no homólogos están aleatoriamente distribuidos en los gametos: el principio de transmisión independiente 245

El reconocimiento del trabajo de Mendel se dio a principios del siglo xx 246

#### Uso de probabilidad para predecir la herencia mendeliana 247

**Preguntas acerca de:** Resolución de Problemas

Genéticos 248

Las reglas de la probabilidad se pueden aplicar a diferentes cálculos 248

**Herencia y cromosomas 249**

Los genes ligados no se transmiten independientemente 249

Cálculo de la frecuencia de entrecruzamiento que revela el orden lineal de los genes ligados a un cromosoma 250

Generalmente, el sexo se determina por cromosomas sexuales 251

**Extensiones de la genética mendeliana 255**

La dominancia no siempre es completa 255

En una población pueden existir múltiples alelos para un locus 256

Un solo gen puede afectar múltiples aspectos del fenotipo 257

Los alelos de diferentes loci pueden interactuar para producir un fenotipo 257

En la herencia poligénica, el descendiente muestra una variación continua en los fenotipos 257

Los genes interactúan con el ambiente para formar al fenotipo 258

**CAPÍTULO 12****ADN: Molécula portadora de la información genética 263****Evidencias del ADN como el material hereditario 264**

El ADN es el principio de transformación en las bacterias 264

El ADN es el material genético en ciertos virus 265

**La estructura del ADN 265**

Los nucleótidos pueden unirse covalentemente en cualquier orden para formar polímeros largos 267

El ADN está formado por dos cadenas de polinucleótidos entrelazadas para formar una doble hélice 268

En la doble cadena del ADN, los enlaces de hidrógeno se forman entre A y T y entre G y C 269

**Replicación del ADN 271**

Meselson y Stahl comprobaron el mecanismo de la replicación semiconservativa 271

La replicación semiconservativa explica la perpetuación de las mutaciones 272

La replicación del ADN requiere de una "maquinaria" proteínica 273

Las enzimas revisan y reparan los errores en el ADN 276

Los telómeros del cromosoma eucariota protegen los extremos 277

**CAPÍTULO 13****Expresión génica 282****Descubrimiento de la relación gen-proteína 283**

Beadle y Tatum propusieron la hipótesis un gen-una enzima 283

**Flujo de información del ADN a la proteína: un resumen general 285**

El ADN se transcribe para formar ARN 285

El ARN se traduce para formar un polipéptido 285

En la década de 1960 los biólogos descifraron el código genético 287

El código genético es virtualmente universal 288

El código genético es redundante 288

**Transcripción 288**

La síntesis de ARNm incluye iniciación, elongación y terminación 289

El ARN mensajero contiene secuencias de bases que no codifican directamente a la proteína 290

El ARNm eucariota se modifica después de la transcripción y antes de la traducción 291

**Traducción 293**

Un aminoácido se une al ARNt antes de su incorporación en un polipéptido 293

Los componentes de la maquinaria de traducción se unen en los ribosomas 294

La traducción empieza con la formación de un complejo de iniciación 294

Durante la elongación, se agregan aminoácidos a la cadena polipeptídica en crecimiento 295

Uno de los tres codones de parada indica la terminación de la traducción 296

**Variaciones en la expresión génica 297**

En las bacterias, la transcripción y la traducción están acopladas 297

Los biólogos discuten la evolución de la estructura del gen eucariota 298

Varios tipos de ARN eucariota tienen una función en la expresión génica 298

La definición de gen ha evolucionado conforme los biólogos han aprendido más acerca de ellos 300

La dirección usual de flujo de información tiene excepciones 300

**Mutaciones 300**

Las mutaciones por cambio de un par de bases, resultan del reemplazo de un par de base por otro 301

Las mutaciones con cambio del marco de lectura resultan de la inserción o eliminación de pares de bases 301

Algunas mutaciones implican elementos genéticos móviles 303

Las mutaciones tienen varias causas 303

**CAPÍTULO 14****Regulación génica 307****Regulación génica en bacterias y eucariotas: una visión general 308****Regulación génica en las bacterias 309**

Los operones en las bacterias facilitan el control coordinado de genes relacionados funcionalmente 309

Alguna regulación postranscripcional se produce en las bacterias 313

**Regulación génica en las células eucariotas 314**

- La transcripción eucariota se controla en muchos sitios y por muchas moléculas reguladoras 315
- Los ARNm de las eucariotas tienen muchos tipos de control postranscripcional 319
- Las modificaciones químicas postraduccionales pueden alterar la actividad de las proteínas eucariotas 320

## CAPÍTULO 15

### Tecnología ADN y genómica 323

#### Clonación del ADN 324

- Las enzimas de restricción son “tijeras moleculares” 324
- El ADN recombinante se forma cuando el ADN está empalmado en un vector 324
- El ADN puede ser clonado en el interior de las células 326
- Una biblioteca de ADNc es complementaria al ARNm y no contiene intrones 329
- La reacción en cadena de la polimerasa amplifica el ADN in vitro 329

#### Análisis del ADN 331

- La electroforesis en gel se emplea para separar macromoléculas 331
- La transferencia de ADN, ARN y proteínas permite identificar fragmentos específicos 331
- Los polimorfismos de longitud de los fragmentos de restricción son una medida de las relaciones genéticas 331
- Métodos que se han creado para secuenciar rápidamente el ADN 333

#### Genómica 335

- La identificación de genes codificantes de proteínas es útil en la investigación y en aplicaciones médicas 336
- Una manera de estudiar la función génica es silenciar los genes uno a la vez 336
- Los microarreglos de ADN son una poderosa herramienta para estudiar la expresión génica 336
- El Proyecto Genoma Humano motivó estudios de secuenciación del genoma para otras especies 338
- Han surgido varios campos científicos: bioinformática, farmacogenética y proteómica 338

#### Aplicaciones de tecnologías del ADN 339

- La tecnología del ADN ha revolucionado la medicina 339
- La impronta de ADN tiene numerosas aplicaciones 340
- Los organismos transgénicos tienen ADN ajeno incorporado en sus células 340

#### La tecnología del ADN ha originado preocupaciones por la seguridad 343

## CAPÍTULO 16

### Genética humana y el genoma humano 347

#### Estudio de la genética humana 348

- Los cromosomas humanos se estudian mediante el cariotipo 348
- La genealogía familiar ayuda a identificar ciertas condiciones heredadas 349

En el Proyecto Genoma Humano se secuenció el ADN de todos los cromosomas humanos 349

La genómica comparativa ha revelado varios centenares de segmentos de ADN idénticos en los genomas humano y de ratón 351

Los investigadores utilizan los ratones como organismos modelo para estudiar enfermedades genéticas humanas 351

#### Anomalías en el número y la estructura cromosómicos 351

El síndrome de Down está causado normalmente por la trisomía 21 352

La mayoría de las aneuploidías de cromosomas sexuales son menos severas que las aneuploidías autosómicas 354

Las anomalías en la estructura cromosómica causan ciertos desórdenes 355

La impronta genómica está determinada por si la herencia es del progenitor macho o hembra 356

#### Enfermedades genéticas causadas por mutaciones de genes individuales 358

Muchas enfermedades genéticas se heredan como rasgos autosómicos recesivos 358

Algunas enfermedades genéticas se heredan como rasgos autosómicos dominantes 360

Algunas enfermedades genéticas se heredan como rasgos recesivos ligados al cromosoma X 361

#### Terapia génica 361

Los programas de terapia génica se examinan cuidadosamente 361

#### Pruebas genéticas y consejería 362

El diagnóstico prenatal detecta anomalías cromosómicas y defectos génicos 362

El cribado genético para buscar genotipos o cariotipos 364

Los consejeros genéticos educan a la gente respecto a las enfermedades genéticas 364

#### Genética humana, sociedad y ética 365

La discriminación genética provoca un acalorado debate 365

Se deben tratar muchas cuestiones éticas relacionadas con la genética humana 366

## CAPÍTULO 17

### Genética del desarrollo 369

#### Diferenciación celular y equivalencia nuclear 370

La mayoría de las diferencias celulares se deben a una expresión génica diferencial 370

Un núcleo totipotente contiene todas las instrucciones para el desarrollo 372

El primer mamífero clonado fue una oveja 373

Las células madre se dividen y conducen a células diferenciadas 373

#### El control genético del desarrollo 375

Una variedad de organismos modelo proporcionan claves sobre los procesos biológicos básicos 376

Muchos genes que controlan el desarrollo se han identificado en la mosca de la fruta 376

*Caenorhabditis elegans* tiene un patrón de desarrollo relativamente rígido 381

- El ratón es un modelo para el desarrollo en mamíferos 384  
 La *Arabidopsis* es un modelo para el estudio del desarrollo en plantas, incluidos los factores de transcripción 386  
 Cáncer y desarrollo celular 387

## CAPÍTULO 18

### Señalización neuronal 391

Señalización neuronal: Una visión general 392

Neuronas y células gliales 393

Las neuronas reciben estímulos y transmiten señales neuronales 393

Ciertas regiones del SNC producen nuevas neuronas 393

Los axones se agregan para formar nervios y tractos 394

Las células gliales desempeñan un papel crítico en la función neuronal 394

Transmisión de información a lo largo de la neurona 396

Los canales iónicos y las bombas iónicas mantienen el potencial de reposo de la neurona 396

Las señales locales graduadas varían en magnitud 398

Los axones transmiten señales denominadas potenciales de acción 398

El potencial de acción es una respuesta total o nula 400

Un potencial de acción se propaga por sí mismo 401

Transmisión de información a través de las sinapsis 403

Las señales a través de sinapsis pueden ser eléctricas o químicas 403

Las neuronas usan neurotransmisores para enviar señales a otras células 403

**Preguntas acerca de:** La enfermedad de Alzheimer 405

Los neurotransmisores se unen con receptores en neuronas postsinápticas 406

Los receptores activados pueden enviar señales excitatorias o inhibitorias 406

Integración neuronal 408

Los potenciales postsinápticos se suman en el tiempo y el espacio 408

¿Dónde se lleva a cabo la integración neuronal? 409

Circuitos neuronales: señalización de información compleja 409

## CAPÍTULO 19

### Regulación endocrina 413

Panorama de la regulación endocrina 414

El sistema endocrino y el sistema nervioso interactúan para regular el cuerpo 414

Los sistemas de retroalimentación negativa regulan la actividad endocrina 414

Las hormonas son asignadas a cuatro grupos químicos 415

### Tipos de señalización endocrina 416

Las neurohormonas son transportadas en la sangre 416

Algunos reguladores locales son considerados hormonas 416

**Preguntas acerca de:** Esteroides anabólicos y otras hormonas de las que se abusa 417

Mecanismos de la acción hormonal 418

Algunas hormonas entran en células diana y activan genes 418

Muchas hormonas se unen a receptores en la superficie celular 419

Regulación neuroendocrina en invertebrados 421

Regulación endocrina en vertebrados 421

La homeostasis depende de las concentraciones normales de hormonas 422

El hipotálamo regula la glándula pituitaria 422

El lóbulo posterior de la glándula pituitaria libera hormonas producidas por el hipotálamo 422

El lóbulo anterior de la glándula pituitaria regula el crecimiento y a otras glándulas endocrinas 424

Las hormonas de la tiroides incrementan la tasa metabólica 427

Las glándulas paratiroides regulan la concentración de calcio 428

Los islotes del páncreas regulan la concentración de glucosa 428

Las glándulas suprarrenales ayudan al cuerpo a responder al estrés 432

Se conocen muchas otras hormonas 434

## CAPÍTULO 20

### Desarrollo animal 438

Desarrollo de la forma 439

Fecundación 439

El primer paso en la fecundación implica contacto y reconocimiento 439

La entrada del espermatozoide es regulada 440

La fecundación activa al óvulo 441

Los pronúcleos del espermatozoide y el óvulo se unen, restaurando el estado diploide 441

Segmentación 441

El patrón de segmentación es afectado por la yema 441

La segmentación puede distribuir determinantes del desarrollo 443

La segmentación provee los bloques de construcción para el desarrollo 444

Gastrulación 444

La cantidad de yema afecta el patrón de gastrulación 445

Organogénesis 447

Membranas extraembrionarias 448

Desarrollo humano 449

La placenta es un órgano de intercambio 450

El desarrollo de los órganos empieza durante el primer trimestre 450

El desarrollo continúa durante el segundo y tercer trimestres 452

Más de un mecanismo puede conducir a parto múltiple 453

- Factores ambientales afectan al embrión 453
- El neonato debe adaptarse a su nuevo entorno 453
- El envejecimiento no es un proceso uniforme 455
- La respuesta homeostática al estrés disminuye con el envejecimiento 455

## CAPÍTULO 21

### Virus y agentes subvirales 459

#### Categoría y estructura de los virus 460

- Los virus son muy pequeños 460
- Un virus consiste de ácido nucleico rodeado por un recubrimiento proteico 460
- El cápside es un recubrimiento proteico protector 460
- Algunos virus están rodeados por una envoltura 461

#### Clasificación de los virus 462

#### Replicación viral 462

- Los bacteriófagos infectan bacterias 463
- Los virus se replican dentro de las células huésped 463

#### Enfermedades virales 464

- Los virus causan severas enfermedades en las plantas 464
- Los virus causan enfermedades severas en los animales 465

**Preguntas acerca de:** Influenza y otras enfermedades emergentes 467

#### Evolución de los virus 470

#### Agentes subvirales 471

- Los satélites dependen de virus auxiliares 471
- Los viroides son los patógenos más pequeños conocidos 471
- Los priones son partículas proteicas 471

## CAPÍTULO 22

### Bacterias y arqueas 475

#### La estructura de bacterias y arqueas 476

- Los procariotas tienen varias formas comunes 476
- Las células procariotas no tienen organelos encerrados en membranas 476
- Una pared celular protege a la mayoría de los procariotas 477
- Algunas bacterias producen cápsulas o capas mucilaginosas 477
- Algunos procariotas tienen fimbrias o pelos 477
- Algunas bacterias sobreviven a condiciones desfavorables al formar endosporas 478
- Muchos tipos de procariotas son móviles 478

#### Reproducción y evolución procariota 479

- La reproducción rápida contribuye al éxito de los procariotas 480
- Los procariotas transfieren información genética 480

La evolución procede rápidamente en las poblaciones bacteriales 481

### Adaptaciones nutricionales y metabólicas 482

- La mayoría de los procariotas requieren oxígeno 482
- Algunos procariotas fijan y metabolizan nitrógeno 483

### La filogenia de los dos dominios procariotas 483

- Principales caracteres que distinguen los tres dominios 483
- La taxonomía de arqueas y bacterias cambia continuamente 484
- Muchas arqueas habitan ambientes hostiles 484
- Las bacterias son los procariotas más familiares 485

### Impacto sobre ecología, tecnología y comercio 488

- Los procariotas forman relaciones íntimas con otros organismos 488
- Los procariotas tienen papeles ecológicos clave 488
- Los procariotas son importantes en muchos procesos comerciales y tecnológicos 489

### Bacterias y enfermedades 490

- Muchos científicos contribuyeron a la comprensión de las enfermedades infecciosas 490
- Muchas adaptaciones contribuyen al éxito patógeno 490
- La resistencia a los antibióticos es un gran problema de salud pública 492

## APÉNDICES

**Apéndice A** Tabla periódica de los elementos A-1

**Apéndice B** Comprensión de términos biológicos A-2

## GLOSARIO

G-1

# Prefacio

*Conceptos fundamentales de biología* de Solomon, Berg y Martin continúa transmitiendo nuestra visión de la ciencia dinámica de biología y cómo afecta a cada aspecto de nuestra vida, desde nuestra salud y comportamiento hasta aspectos del desafío de conservación del medio ambiente al que nos enfrentamos. Los recientes descubrimientos de las ciencias biológicas han aumentado nuestra comprensión tanto de la unidad como de la diversidad de los procesos y adaptaciones vitales. Con este conocimiento, hemos sido más conscientes de nuestra interdependencia con la inmensa variedad de organismos con que compartimos el planeta Tierra.

## CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE BIOLOGÍA ES UN LIBRO PARA ESTUDIANTES

El estudio de la biología puede ser un viaje apasionante de descubrimiento para quienes empiezan a estudiar esta materia. En *Conceptos fundamentales de biología* exploramos los diversos organismos, sus notables adaptaciones al medio ambiente, así como sus relaciones evolutivas y ecológicas. Presentamos la labor de la ciencia y las aportaciones de científicos cuyos descubrimientos no sólo amplían nuestro conocimiento de la biología sino que ayudan a moldear y proteger el futuro de nuestro planeta. Este libro nos da una idea muy completa de lo que es la ciencia, cómo trabajan los científicos, lo que nos han aportado y la forma en que el conocimiento científico afecta nuestra vida diaria.

Como es tradición, en esta edición hemos intentado presentar los principios biológicos en una forma integrada que es precisa, interesante y conceptualmente accesible al estudiante. También continuamos presentando la biología en un marco basado en la investigación. Algunos profesores interpretan la investigación como un método de aprendizaje que tiene lugar en el laboratorio cuando los estudiantes realizan experimentos; el laboratorio es parte integrante del aprendizaje basado en la investigación, pero también ésta es una forma de aprender en la que el estudiante persigue de manera activa el conocimiento fuera del laboratorio. Presentamos la historia de los avances científicos, incluyendo debates científicos, para ayudar al estudiante a entender que la ciencia es un proceso (es decir, un campo de investigación) y hacemos un trabajo concertado para integrar el aprendizaje basado en la investigación en el libro de texto, con la introducción de nuevas secciones y la expansión de otras varias (que se estudian en las siguientes secciones).

En todo el texto estimulamos el interés al relacionar conceptos y experiencias dentro del marco de referencia del estudiante. Al ayudar al estudiante a hacer estas conexiones, facilitamos su dominio de con-

ceptos generales. Esperamos que el efecto combinado de un estilo de escritura agradable y apartados interesantes lo motive al estudio de la biología.

## SISTEMA DE APRENDIZAJE DE SOLOMON/BERG/MARTIN

En esta obra hemos continuado refinando nuestro altamente exitoso *Sistema de aprendizaje* que proporciona al estudiante las estrategias de aprendizaje necesarias para integrar conceptos biológicos y demostrar su dominio de estos conceptos. Aprender biología es un desafío porque el tema está lleno de nuevos términos y datos que deben integrarse en el marco de trabajo de principios biológicos generales. Para ayudar al estudiante a concentrarse en principios y conceptos importantes proporcionamos la sección *Objetivos de aprendizaje* para cada apartado importante de cada capítulo, así como las *Preguntas de repaso* basadas en los objetivos de aprendizaje de manera que los estudiantes puedan evaluar su nivel de comprensión del material presentado en la sección. Al final de cada capítulo incluimos un *Resumen: Enfoque en los objetivos de aprendizaje*. El *Resumen* está seguido por preguntas de *Evalúe su comprensión*, que incluyen ejercicios de opción múltiple y leyendas de diagramas así como preguntas de *Pensamiento crítico*.

## Artículos pedagógicos

Nuestro *Sistema de aprendizaje* incluye numerosas estrategias de aprendizaje que ayudan a los estudiantes a aumentar su éxito:

- **NOVEDAD** Un *programa de figuras* actualizado y aumentado refuerza los conceptos estudiados en el texto, y presenta procesos complejos en pasos claros. Esta edición aumenta el número de figuras de los *Experimentos clave* que estimulan al estudiante a evaluar métodos de investigación seguidos por científicos; las figuras de esta sección destacan el proceso científico en investigación clásica y moderna como, por ejemplo, la figura 8-9. También están ampliadas en esta edición las figuras de *Punto clave*, en las que se expresan conceptos importantes en diagramas de procesos de temas complejos; como, por ejemplo, las figuras 1-11, 6-6 y 8-2. Muchas de las figuras de *Punto clave* tienen partes numeradas que muestran secuencias de eventos y procesos biológicos de ciclos vitales. Numerosas fotografías, tanto solas como combinadas con dibujos, ayudan a estudiantes a comprender conceptos al enlazar lo “real” con lo “ideal”. Los dibujos usan

5/18 características como lo son los iconos de orientación para ayudar al estudiante a poner las figuras detalladas en un contexto más general. Usamos símbolos y colores de manera consistente en todo el libro para ayudar a los estudiantes a enlazar conceptos. Por ejemplo, los mismos cuatro colores y formas se usan en todo el libro para identificar guanina, citosina, adenina y tiamina. Del mismo modo, se usan los mismos colores de manera consistente en ilustraciones y tablas para indicar clados específicos de organismos.

- **NOVEDAD** Las figuras del *Método de investigación* describen la razón por la que los biólogos usan un método particular y explican cómo se ejecuta el método. Por ejemplo, las figuras 12-6 y 15-5.
- **NOVEDAD** Las cajas de *Preguntas acerca de* exploran aspectos de importancia especial para los estudiantes, como los efectos del tabaco y el abuso del alcohol. Estos cuadros también proporcionan un foro para discusión de determinados aspectos de especial interés con más detalle, como los humanos primitivos más pequeños, plantas primitivas y formación de carbón, comunidades de chimeneas hidrotermales y descenso de poblaciones de anfibios.
- Una lista de *Conceptos clave* al principio de cada capítulo proporciona una vista general y ayuda al estudiante a enfocarse en los importantes principios que se estudian en el capítulo.
- Los *Objetivos de aprendizaje* al inicio de cada sección principal del capítulo indican, en términos de comportamiento, lo que el estudiante debe hacer para demostrar dominio del material de esa sección.
- Cada apartado principal del capítulo viene seguido de una sección de *Repaso* que evalúa la comprensión pidiendo al estudiante que describa, explique, compare, contraste o ilustre conceptos importantes con base en la sección *Objetivos de aprendizaje*.
- La *definición de conceptos* introduce secciones, anticipa y resume la idea o ideas clave que se estudian en cada sección.
- Los *resúmenes secuenciados* del texto simplifican y resumen la información presente en el párrafo. Por ejemplo, los párrafos que describen la circulación de la sangre por el organismo, o los pasos mediante los cuales las células incorporan ciertos materiales, van seguidos de un resumen secuencial que enumera las estructuras o los pasos.
- Numerosos *cuadros*, muchos de ellos ilustrados, ayudan al estudiante a organizar y resumir la materia presentada en el texto.
- Un *Resumen: Enfoque en los objetivos de aprendizaje*, al final de cada capítulo, está organizado a partir de los *Objetivos de aprendizaje*. Este resumen presenta un repaso del material y, debido a que los términos clave seleccionados están en letras negritas, los estudiantes aprenden términos del vocabulario en el contexto de conceptos relacionados entre sí.
- Las preguntas de final de capítulo dan a los estudiantes la oportunidad de evaluar su comprensión del material del capítulo. *Evalúe su comprensión* consta de preguntas de opción múltiple, algunas de las cuales están basadas en el recuerdo de términos importantes, mientras que otras desafían al estudiante a integrar sus conocimientos. Las respuestas a *Evalúe su comprensión* las encontrará en los apoyos digitales para el profesor. Las pregun-

tas al *Pensamiento crítico* estimulan al estudiante a aplicar sus conocimientos recién adquiridos para nuevas situaciones o hacer conexiones entre conceptos importantes. Cada capítulo tiene una o más preguntas sobre *Vínculo con la evolución* en la sección de *Pensamiento crítico*. Muchos capítulos contienen una o más preguntas de *Análisis de datos* que requieren que el estudiante interprete de manera activa los datos experimentales presentados en el capítulo.

- **NOVEDAD** Muchas secciones de *Pensamiento crítico* también incluyen una o más preguntas de *Ciencia, tecnología y sociedad*.
- El *Glosario* al final del libro, el más completo que se pueda hallar en cualquier texto de biología, contiene definiciones precisas de términos. El *Glosario* es especialmente útil debido a que presenta referencias cruzadas de forma extensa. Las barras verticales azules del margen facilitan un acceso rápido al mismo.

## Resultados de aprendizaje del curso

Al final de un estudio exitoso de una introducción a la biología, el estudiante puede demostrar su dominio de conceptos de biología al efectuar con precisión los siguientes *resultados del aprendizaje del curso*:

- Diseñar un experimento para probar una hipótesis determinada, usando el procedimiento y terminología del método científico.
- Citar la teoría de la célula, y relacionar la estructura de orgánulos con sus funciones tanto en células procariontes como en eucariontes.
- Describir los mecanismos de evolución, explicar por qué la evolución es el principal concepto unificador en biología, así como discutir la selección natural como el agente primario del cambio evolutivo.
- Explicar la función de la información genética en todas las especies y discutir aplicaciones de la genética que afectan a la sociedad.
- Describir varios mecanismos por los cuales las células y organismos transfieren información, incluyendo el uso de ácidos nucleicos en transmisión genética de información, transducción de señales, señales químicas (hormonas y feromonas), señales eléctricas (transmisión nerviosa), sonidos e imágenes visuales.
- Argumentar a favor o en contra de la clasificación de organismos en tres dominios y varios reinos o supergrupos, caracterizando cada uno de estos clados; con base en su conocimiento de genética y evolución, dé ejemplos específicos de la unidad y diversidad de organismos en diferentes dominios y supergrupos.
- Comparar las adaptaciones estructurales, procesos vitales y ciclos de vida de una procarionte, protista, hongo, planta y animal.
- Definir la *homeostasis* y dar ejemplos de mecanismos regulatorios, incluyendo sistemas de retroalimentación.
- Seguir el flujo de materia y energía a través de una célula fotosintética y una célula no fotosintética, y a través de la biosfera, comparando las funciones de productores, consumidores y descomponedores.
- Describir el estudio de la ecología en los niveles de un organismo individual, una población, una comunidad y un ecosistema.

## NOVEDADES: UNA VISIÓN GENERAL DE CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE BIOLOGÍA

Tres temas se entremezclan en esta obra: la evolución de la vida, la transmisión de información biológica y el flujo de energía a través de sistemas vivos. A medida que introducimos los conceptos de la biología moderna, explicamos en qué forma están conectados y cómo es que la vida depende de ellos.

El Capítulo 1 introduce al estudiante a los principios de biología más importantes, es un punto de partida muy completo para discusiones ulteriores, ya sea que el maestro prefiera un método de “arriba hacia abajo” o “de abajo hacia arriba”.

En esta obra examinamos todos los renglones y todos los capítulos en cuanto a precisión y actualidad e hicimos un cuidadoso esfuerzo por actualizar todos los temas y verificar todo el material nuevo. El breve resumen siguiente proporciona una vista general de la organización de *Conceptos fundamentales de biología*.

En los primeros seis capítulos presentamos los principios básicos de la biología y los conceptos de química y biología celular que son la base sobre la que se construye el resto del libro. Iniciamos el capítulo 1 con una exposición de las epidemias de gripe y el modo en que la comunidad científica responde a nuevas variedades de patógenos. A continuación introducimos los temas principales del libro, que son evolución, transferencia de información, así como transferencia de energía. El capítulo 1 examina varios conceptos fundamentales en biología y la naturaleza del proceso científico, incluyendo una discusión de la biología de sistemas. Los capítulos 2 y 3, que se concentran en el nivel molecular de organización, establecen las bases en química necesarias para comprender los procesos biológicos. Los capítulos 4, 5 y 6 se enfocan en el nivel celular de organización, incluyendo la estructura y función de células, membranas celulares y comunicación celular. Hemos ampliado la cobertura de rutas de comunicación y la evolución de la comunicación celular. Por ejemplo, agregamos un estudio de las vías Ras, así como un *Experimento clave* en una vía Ras que regula la reproducción en mamíferos.

Debido a que todas las células vivas necesitan energía para sus procesos vitales, el flujo de energía por sistemas vivos (es decir, capturar energía y convertirla en formas útiles) es un tema básico de *Conceptos fundamentales de biología*. El capítulo 7 examina el modo en que las células capturan, transfieren, almacenan y usan energía. Los capítulos 8 y 9 examinan las adaptaciones metabólicas por medio de las cuales los organismos obtienen y usan energía por medio de respiración celular y fotosíntesis. Esta sección tiene una nueva figura de *Experimento clave* sobre la evidencia para quimiósmosis. También se ha incluido el concepto de resonancia en la explicación para transferencia de energía dentro de un fotosistema.

En el capítulo 10 se estudia la mitosis y la meiosis, e incluimos un *Experimento clave* sobre el uso de fotoblanqueo láser para determinar la forma en que los cromosomas son transportados hacia los polos de huso durante la anafase, y una nueva figura sobre puntos clave de repaso en el ciclo de una célula. El capítulo 11, que considera la genética de Mendel y formas afines de herencia, aborda temas como la naturaleza vs. nutrición en caracteres humanos y el color de la flor de hidrangea como ilustración de la influencia del medio ambiente sobre el fenotipo. A continuación llevamos nuestra atención a la estructura y reproducción del ADN en el capítulo 12. Incluimos nuevas fotografías de Rosalind Franklin, Watson y Crick, fagos, reproducción del ADN

en *E. coli* y telómeros. El capítulo 13 presenta una exposición del ARN y síntesis proteínica, incluyendo nueva información sobre las aportaciones de Roger Kornberg, transposones en el genoma humano, y el porcentaje de codificación del ADN para polipéptidos vs. el porcentaje de nuestro genoma que se expresa. La regulación génica se estudia en el capítulo 14, que incluye nuevo material sobre promotoras y mejoradoras eucariontes y silenciadores, así como sobre herencia epigenética. En el capítulo 15, nos concentramos en tecnología del ADN y genómica, incluyendo una exposición ampliada de especies diseñadas de *E. coli*, sondas de ácido nucleico, blots del Norte y del Oeste, así como evolución molecular. Estos capítulos son la base necesaria para explorar la genética humana y el genoma humano en el capítulo 16, que incluye algunas secciones sobre impronta genómica y sobre escaneos de asociación del ancho del genoma (GWA). En el capítulo 17 introducimos la función de los genes en el desarrollo, destacando estudios sobre organismos modelo específicos que han llevado a espectaculares avances en este campo; los cambios incluyen nuevo material sobre células madre pluripotentes inducidas (iPS).

El capítulo 18 es una incursión a los temas de la comunicación nerviosa, regulación nerviosa y recepción sensorial. En los capítulos 19 y 20 comparamos el modo en que diferentes grupos de animales realizan procesos vitales, como transporte interno, defensa interna, intercambio gaseoso, digestión, reproducción y desarrollo.

El capítulo 21 se enfoca ahora enteramente en los virus. Agregamos una discusión de polidnavirus, ilustrada por un nuevo *Experimento clave*. También se hace un amplio análisis sobre los agentes subvirales. El capítulo 22 está dedicado a los procariontes. Agregamos información sobre los archaea, incluyendo una breve exposición de sus flagelos. La discusión de la resistencia a antibióticos ha sido ampliada y se ha agregado una imagen del *Staphylococcus aureus* resistente a la metilina (MRSA).

## RECURSOS ADICIONALES PARA PROFESORES

El libro cuenta con material de apoyo adicional. Este material se encuentra disponible en línea. Consulte términos y condiciones con su representante Cengage.

## AGRADECIMIENTOS

El desarrollo y producción de *Conceptos fundamentales de biología* ha requerido una amplia interacción y colaboración entre los autores y muchas personas del ambiente familiar, social y profesional. Agradecemos la ayuda y el apoyo de nuestros editores, colegas, estudiantes, familia y amigos. La preparación de un libro de este nivel es todo un desafío y exige de todo un equipo profesional unido, con talento y diligente. Apreciamos las contribuciones de todos los miembros del personal editorial y de producción de Brooks/Cole-Cengage Learning para la realización de este texto. Agradecemos a nuestra editora Yolanda Cossio por su entrega y por trabajar tan estrechamente con nosotros en todo el proceso de desarrollo y producción. También agradecemos la ayuda de nuestro editor de Desarrollo, Christopher Delgado, que con

toda diligencia nos mantuvo al tanto y coordinó numerosos aspectos de este importante proyecto.

Damos las gracias a Tom Ziolkowski, nuestro gerente de Marketing, cuya experiencia aseguró que los estudiantes se enteraran de esta obra.

Apreciamos la ayuda del director principal del Proyecto de Contenido, Hal Humphrey, que guió todo el proceso de producción del proyecto.

Agradecemos a las asistentes editoriales Brandusa Radoias y Joshua Taylor por proporcionarnos rápidamente los recursos siempre que los necesitamos.

Damos las gracias al director creativo Rob Hugel, al director de figuras y al diseñador de portadas John Walker, así como al diseñador de texto Tani Hasegawa. También damos las gracias a Jean Thompson por crear el prefacio del instructor.

Apreciamos el trabajo de Lauren Oliveira, editora de Medios, quien coordinó los muchos componentes de alta tecnología de los aspectos computarizados de nuestro *Sistema de aprendizaje*. Agradecemos a Alexis Glubka, editor asistente, por coordinar los suplementos impresos.

Estamos agradecidos a nuestra editora de Producción, Joan Keyes de Dovetail Publishing Services, por coordinar a los muchos editores que intervinieron en la preparación de esta edición y reunir las miles de complejas piezas del proyecto para producir *Conceptos fundamentales de biología*. Valoramos el cuidadoso trabajo de nuestra editora de Copias, Susan Gall, que con paciencia nos ayudó a mantenernos consistentes y mejorar el manuscrito. Agradecemos a Amanda Bickel de Precision Graphics por ayudarnos grandemente a mejorar el programa de figuras para este libro. También apreciamos el trabajo del editor de Fotografías Tim Herzog de Bill Smith Group por ayudarnos a hallar excelentes imágenes. Apreciamos la ayuda, paciencia y duro trabajo de nuestro equipo de producción. Nuestro programa para este proyecto fue muy demandante; a veces, parecía que todo el equipo trabajaba sin interrupción. Cuando enviamos un *e-mail* a las 11 p.m. o durante el fin de semana, con frecuencia recibíamos una respuesta inmediata.

Estos profesionales tan dedicados y muchos otros del equipo de Brooks/Cole dieron su experiencia, atención, paciencia y buen humor necesarios para producir *Conceptos fundamentales de biología*. Les agradecemos su ayuda y apoyo en todo este proyecto.

Agradecemos a la Dra. Susan Pross, Universidad de South Florida, College of Medicine, por sus útiles sugerencias para actualizar el capítulo de inmunología. Agradecemos la ayuda de la Dra. Amy Solomon, de ginecología y obstetricia, por su colaboración respecto a partos, nacimientos, contraceptivos y enfermedades de transmisión sexual. Apreciamos la experta ayuda de Mary Kay Hartung, especialista de Investigación e Información de la Florida Gulf Coast University, en cuya ayuda nos apoyamos siempre que teníamos dificultad para hallar los estudios de investigación necesarios y otras informaciones. Agradecemos a la estudiante de doctorado Lois Ball de la Universidad de South Florida, quien calculó barras de escala para muchas de las fotomicrografías. Estamos agradecidos a Mical Solomon por su ayuda en computadoras.

Agradecemos a nuestras familias y amigos por su comprensión, apoyo y estímulo cuando luchábamos en las muchas revisiones e intensas fechas límite para entregas. Especialmente agradecemos a la Dra. Kathleen M. Heide, Freda Brod, Alan Berg, Jennifer y Pat Roath, Dr. Charles Martin y Margaret Martin por su apoyo y aportaciones.

Agradecemos de antemano a nuestros colegas y estudiantes y les pedimos sus comentarios y sugerencias cuando utilicen esta obra. Pueden comunicarse con nosotros por Internet a nuestra página [www.CengageBrain.com](http://www.CengageBrain.com) o a través de nuestros editores de Brooks/Cole, una división de Cengage Learning.

Expresamos nuestro agradecimiento a los muchos biólogos que leyeron el manuscrito durante las diversas etapas de su desarrollo y nos dieron sus valiosas sugerencias para mejorarlo. Los revisores de este texto incluyen a las siguientes personas:

Karl Aufderheide, Texas A & M University  
Felicitas Avendano, Grand View College, Iowa  
Brian Bagatto, University of Akron  
Catherine Black, Idaho State University  
Susan Boothe, Alabama Southern Community College  
Mark Browning, Purdue University  
Jill Buettner, Richland College  
Doug Burks, Wilmington College, Ohio  
David Byres, Florida Community College at Jacksonville  
Geoffrey Church, Fairfield University  
Reggie Cobb, Nash Community College  
Barbara Collins, California Lutheran University  
Karen Curto, University of Pittsburgh  
Phillippa Drennan, Loyola Marymount University  
James DuMond, Texas Southern University  
Wayne Elisens, University of Oklahoma  
Cheryld Emmons, Alfred University, New York  
Suzanne Gollery, Sierra Nevada College  
Jack Holt, Susquehanna University  
Ursula Howson, Monmouth University  
Ken Klemow, Wilkes University  
Paula Lemons, Duke University  
Diana Lipscomb, George Washington University  
Christopher Loretz, University of Buffalo  
Kathi Maleug, University of Colorado at Colorado Springs  
Paul Manos, Duke University  
Helen McDearman, University of Tennessee at Chattanooga  
Virginia McDonough, Hope College  
Betsy Morgan, LoneStar College  
Dana Nayduch, Georgia Southern University  
Onesimus Otieno, Oakwood University  
Michael Pallidino, Monmouth College  
Craig Peebles, University of Pittsburgh  
Ed Perry, Faulkner State Community College  
Eric Ribbens, Western Illinois University

Laurel Roberts, University of Pittsburgh  
Darrin Rubino, Hanover College, Indiana  
Timothy Schuh, St. Cloud State University  
Sharon Thoma, University of Wisconsin  
Joanne Tillotson, Purchase College, State University of New York  
Timothy Tripp, Sam Houston State University  
Paul Trombley, Florida State University  
Mary Tyler, University of Maine  
Fred Wasserman, Boston University  
Susan Whittemore, Keene State College  
Lawrence Williams, University of Houston  
Steven Wilt, Bellarmine College, Kentucky  
Robert Yost, Indiana University–Purdue University, Indianapolis  
Wendy Zomlefer, University of Georgia

También nos gustaría dar gracias a cientos de revisores de ediciones previas, tanto profesores como estudiantes, que son demasiado numerosos para mencionarlos aquí. Hicieron preguntas para reflexionar, nos dieron nuevas perspectivas, ofrecieron palabras alternativas para aclarar pasajes difíciles, y nos informaron de posibles errores. Estamos verdaderamente en deuda con su excelente retroalimentación. Sus sugerencias nos han sido de gran ayuda. La biología es una disciplina científica llena de desafíos. Los miles de estudiantes a quienes hemos dado clases difieren en sus objetivos vitales y en sus estilos de aprendizaje. Algunos han tenido una excelente formación en ciencias; otros, bastante mala. Cualquiera que sea esa formación, es común que los estudiantes que reciben su primer curso de biología universitaria encuentren que es más difícil de lo que esperaban.

El *Sistema de aprendizaje* que utilizamos en este libro se describe en el Prefacio. El uso de las estrategias del *Sistema de aprendizaje* ayudará al estudiante a dominar el lenguaje y conceptos de biología. Además de estas estrategias de aprendizaje, el lector puede hacer que la tarea de aprender biología sea más fácil si usa los métodos que han sido eficaces para una amplia gama de nuestros estudiantes durante años.



# Al estudiante

## Hacer un programa de estudio

Muchos compañeros profesores sugieren que los estudiantes deben estudiar tres horas por cada hora de clase. Esta inversión en tiempo es una de las principales diferencias entre la preparatoria y la universidad. Para tener éxito a nivel académico, los estudiantes universitarios deben aprender a manejar con eficiencia su tiempo. El número real de horas que pasen estudiando biología tendrá variación dependiendo de la rapidez con que aprendan el material, así como de la carga del curso y responsabilidades personales, como son horarios de trabajo y compromisos familiares.

Los estudiantes más brillantes son a menudo los que están mejor organizados. Al principio del semestre, haga un detallado calendario diario. Marque las horas que tenga de clase, junto con el tiempo de desplazamiento hacia la universidad. Una vez que tenga el plan de estudio, agregue a su calendario las fechas de todos los exámenes, cuestionarios, trabajos académicos e informes. Como recordatorio, también es útil agregar una nota por cada examen o asignatura importantes una semana antes del examen o del día especificado. A continuación, al calendario agregue su horario de trabajo y otros compromisos personales. El uso del calendario ayuda a hallar tiempos de estudio más cómodos.

Muchos de nuestros mejores estudiantes reservan 2 horas al día para estudiar biología en lugar de depender de una sesión semanal de maratón de 8 a 10 horas durante el fin de semana (cuando esa clase de sesión raras veces ocurre). Anote sus horas de estudio en su calendario diario y apéguese a su horario.

## Determinar si el profesor resalta la materia del texto o apuntes tomados en clase

Algunos profesores aplican exámenes con base casi exclusivamente en el material tratado en clase; otros, se apoyan en la mayor parte o en casi todo lo que aprenden sus estudiantes. Averigüe cuáles son los requisitos del profesor porque la manera de estudiar variará de acuerdo con esto.

## Cómo estudiar cuando los profesores aplican exámenes sobre el material presentado en clase

Si las clases son la principal fuente de preguntas de examen, tome apuntes en la forma más completa y organizada que sea posible. Antes de ir a clase haga un breve repaso del capítulo, identificando términos clave y examinando las figuras principales, de modo que pueda tomar apuntes de manera eficiente. No pase más de 1 hora en esto.

No más de 24 horas después de la clase, reescriba sus notas pero esta vez léalas y haga anotaciones al margen acerca de algún punto que no le quede claro. A continuación lea el material correspondiente en su libro. Resalte o subraye cualquier sección que aclare dudas o preguntas que tuviera en sus notas. Lea todo el capítulo, incluyendo las partes que

no se hayan tratado en clase. Esta información adicional ampliará sus conocimientos y le ayudará a entender los conceptos clave.

Después de leer el texto, estará listo para reescribir sus notas, incorporando material correspondiente del texto. También ayuda usar el Glosario para hallar definiciones de términos poco conocidos. Muchos estudiantes hacen un conjunto de tarjetas de términos y conceptos clave a modo de estudio. Esas tarjetas son herramientas útiles que ayudan a aprender terminología científica, son portátiles y se pueden usar a veces cuando no es posible otra forma de estudio, por ejemplo, al viajar en autobús.

Las tarjetas no son eficaces cuando el estudiante trata de anticiparse al profesor(a) (“Ella no preguntará esto, de modo que no haré otra tarjeta para eso”); también son un estorbo cuando los estudiantes se apoyan casi exclusivamente en ellas; estudiarlas en lugar de leer el texto es casi como leer la primera página de cada capítulo de una novela de misterio: es difícil llenar las partes faltantes porque se aprende información en forma desorganizada.

## Cómo estudiar cuando los profesores aplican exámenes sobre material del libro

Si las lecturas asignadas del libro de texto van a ser objeto de examen, debería usar el libro de manera intensiva. Después de leer la introducción del capítulo, lea la lista de Objetivos de aprendizaje de la primera sección. Estos objetivos están escritos en términos de comportamiento, es decir, piden al estudiante que “haga” algo para demostrar el dominio de sus conocimientos. Los objetivos dan al estudiante un conjunto concreto de objetivos para cada sección del capítulo. Al final de cada sección, se encuentran unas preguntas de repaso sobre los Objetivos de aprendizaje. Compruebe por sí mismo las respuestas, revisando el material para comprobarlas.

Lea activamente cada una de las secciones del capítulo; muchos estudiantes leen y estudian en forma pasiva. Un lector activo siempre tiene preguntas en la mente y constantemente establece relaciones. Por ejemplo, existen muchos procesos que deben entenderse en biología. No trate de aprenderlos de memoria, sino que debe pensar en causas y efectos de modo que todo proceso se convierte en todo un caso. En última instancia, verá que muchos procesos están relacionados entre sí por elementos comunes.

Es probable que tenga que leer cada capítulo dos o tres veces antes de dominar el material. La segunda y tercera serán mucho más fáciles que la primera, porque estará reforzando conceptos que ya ha aprendido parcialmente.

Después de leer el capítulo, escriba un compendio de cuatro a seis páginas del capítulo usando para ello subtítulos del cuerpo del compendio (los títulos de primer nivel están en negritas, en color y todas en mayúsculas; los de segundo nivel están en color y no todos en mayúsculas). Amplíe su compendio al agregar conceptos importantes

y términos en negritas con definiciones. Use este compendio cuando prepare su examen.

Ahora es el momento de examinarse a sí mismo. Conteste las preguntas de Evalúe su comprensión y verifique sus respuestas. Escriba respuestas a cada una de las preguntas de Pensamiento crítico. Por último, repase los Objetivos de aprendizaje del Resumen con Términos clave y trate de contestarlas antes de leer el resumen que se proporciona. Si su profesor(a) menciona que el examen o parte de este será de respuestas cortas o estará en formato de ensayo, escriba la respuesta de cada Objetivo de aprendizaje. Recuerde que ésta es una evaluación. Si no sabe la respuesta a una pregunta, encuéntrela en el texto.

## Aprender el vocabulario

Un escollo para muchos estudiantes es aprender los numerosos términos que conforman el lenguaje de biología. De hecho, sería mucho más difícil aprender y enseñar biología si no tuviéramos esta terminología, ya que estos términos son realmente herramientas para pensar. En general, aprender esta terminología se hace más fácil si se entiende que casi todos los términos son modulares, formados en su mayor parte por raíces latinas y griegas; una vez aprendidos muchos de éstos, el estudiante tendrá una buena idea del significado de una nueva palabra aun antes de definirla. Por esta razón, hemos incluido el Apéndice B, Comprensión de términos biológicos. Para estar seguro de que entiende la definición precisa de un término, use el Glosario. Cuanto más use términos biológicos al hablar o escribir, se sentirá más cómodo.

## Formar un grupo de estudio

El aprendizaje se facilita si parte del estudio se realiza en un grupo pequeño. En un grupo de estudio, los papeles del profesor y el estudiante se pueden intercambiar: una buena forma de aprender una materia es enseñándola. Un grupo de estudio permite enfrentar desafíos en un

ambiente no agresivo y puede dar algún apoyo emocional. Los grupos de estudio son eficientes herramientas de aprendizaje cuando se combinan con estudio individual de texto y apuntes tomados en clase. No obstante, si algún miembro del grupo de estudio no se ha preparado para la reunión estudiando antes por su cuenta, la sesión de estudio puede ser una pérdida de tiempo.

## Preparación para el examen

Su calendario le indicará que falta una semana para su primer examen de biología. Si ha estado siguiendo estas sugerencias, estará bien preparado y sólo necesitará un poco de repaso de último minuto. No se hace necesario estudiar toda la noche.

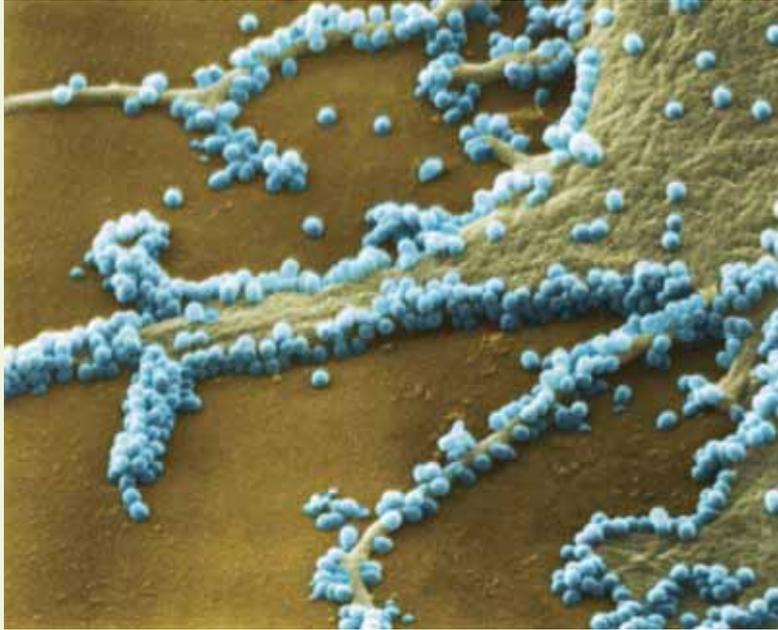
Durante la semana antes del examen, pase 2 horas diarias estudiando activamente sus apuntes tomados en clase o sus compendios de capítulo. Es útil que muchos estudiantes lean en voz alta estos apuntes (la mayoría de las personas escuchan lo que se dice). Empiece por la primera lección o capítulo que se incluya en el examen y continúe en el orden del programa de estudios en clase. Deténgase cuando haya llegado al final de su período de estudio de 2 horas; al día siguiente, empiece en donde se detuvo el día anterior. Cuando llegue al final de sus notas, empiece de nuevo y estúdielas una segunda vez. La segunda o tercera vez que las estudie ya debe estar familiarizado con la materia. En esta fase, utilice su libro sólo para responder preguntas o aclarar puntos importantes.

La noche anterior al examen, haga un repaso ligero de la materia del examen, cene bien y duerma toda la noche. En esta forma, llegará a clase al día siguiente con el cuerpo (y la mente) bien descansado y la confianza de estar bien preparado.

*Eldra P. Solomon  
Linda R. Berg  
Diana W. Martin*

## 1

# Una visión de la vida



**El virus H1N1 es la causa de la influenza H1N1 (gripe).** Las partículas del virus H1N1 (azul) son visibles en la célula (verde). Cuando esta cepa de virus emergió, el sistema inmunológico humano no reconocía su nueva combinación de genes. Como resultado, el virus se propagó fácilmente, causando una pandemia. El color de la micrografía electrónica de barrido (SEM) ha sido mejorado.

NIBSC/Science Photo Library

## CONCEPTOS CLAVE

- 1.1** Los temas básicos de biología incluyen evolución, transferencia o flujo de información y transferencia o flujo de energía.
- 1.2** Las características de la vida incluyen estructura celular, crecimiento y desarrollo, metabolismo autorregulador, respuesta a los estímulos, y reproducción.
- 1.3** La organización biológica es jerárquica e incluye moléculas, célula, tejido, órgano, sistema de órganos e individuo; la organización ecológica incluye la población, comunidad, ecosistema y biosfera.
- 1.4** La transferencia de información incluye la del ADN de una generación a la siguiente, la transmisión de señales químicas y eléctricas dentro de las células de cada organismo y entre ellas, y de los productos químicos, así como de la información visual y sonora que permiten en conjunto a los organismos comunicarse unos con otros e interactuar con su entorno.
- 1.5** Los individuos y ecosistemas enteros dependen de un aporte continuo de energía. La energía fluye dentro de las células y de un organismo a otro.
- 1.6** La evolución es el proceso mediante el cual los organismos de las poblaciones cambian con el tiempo, adaptándose a las modificaciones en su entorno; el árbol de la vida incluye tres ramas principales, o dominios de vida.
- 1.7** Los biólogos se preguntan, formulan hipótesis, hacen predicciones y recogen datos de una cuidadosa observación y experimentación, y con base en sus resultados, llegan a conclusiones.

**E**l brote de influenza H1N1 (gripe) se convirtió en el centro de atención mundial en abril de 2009. En pocos meses, más de 200 países habían notificado casos confirmados de esta enfermedad viral, la gripe H1N1 había causado miles de muertes. De acuerdo con Centros para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC), de Estados Unidos, más de 200 agentes patógenos conocidos (organismos causantes de enfermedades) tienen el potencial de amenaza mundial. Históricamente, las cepas virales nuevas han cobrado muchas vidas humanas. Por ejemplo, en 1918, una pandemia de gripe mató a más de 20 millones de personas en todo el mundo. Los epidemiólogos advierten que aún hoy en día una pandemia de gripe podría matar a millones de personas. Las pandemias como la gripe H1N1 tienen un impacto global negativo. Afectan muchos aspectos de la vida, como la economía, los viajes, el turismo y la educación.

Armados con nueva tecnología, los biólogos trabajan estrechamente con profesionales de la salud pública y de otras áreas de la salud para prevenir pandemias peligrosas. Cuando surge un nuevo agente causante de enfermedad, los biólogos estudian sus relaciones evolutivas con patógenos conocidos. Por ejemplo, los investigadores han determinado que la pandemia de gripe de 1918 fue causada por el virus de influenza A (H1N1) que pudo haber mutado y recientemente emergido de una cepa porcina o aviar. La cepa de H1N1 que fue identificada en 2009 estuvo relacionada con el patógeno de 1918.

Los biólogos determinaron que la cepa de H1N1 de 2009 evolucionó a partir de una combinación de cepas de este virus provenientes de cerdos, aves y seres humanos infectados. Además encontraron que esta cepa de H1N1 contiene una combinación única de segmentos de genes para los que los humanos no tienen inmunidad preexistente.

Conocer acerca de los orígenes de los virus proporciona pistas importantes sobre su estructura y comportamiento, y sugiere hipótesis para combatirla. Entonces, los científicos deben probar sus hipótesis en el laboratorio. Los investigadores fueron capaces de determinar los antígenos (ciertas proteínas) en la superficie del H1N1. Estos antígenos se unen con los receptores de las células humanas para infectarlas. Con base en estudios detallados de la gripe H1N1, la vacuna se desarrolló rápidamente.

Los agentes patógenos pueden atacar y expandirse rápidamente, y la continua evolución de los patógenos resistentes a los medicamentos constituye un reto importante. Las nuevas variedades de H1N1 siguen apareciendo, y los investigadores los deben caracterizar de forma rápida y evaluar su virulencia potencial. Los científicos predicen que las nuevas variedades pueden mostrar una mayor resistencia a los medicamentos y pueden ser más virulentas. Además, las vacunas que se han desarrollado recientemente podrían no ser efectivas. Las enfermedades emergentes se tratarán más adelante en el capítulo 21.

Este es un momento excitante para estudiar **biología**, la ciencia de la vida. Los importantes y nuevos descubrimientos biológicos que se están haciendo casi a diario afectan cada aspecto de nuestras vidas, incluyendo la salud, alimentación, seguridad, interacción con otras personas y seres vivos y con el entorno ambiental del planeta. Los conocimientos que surgen proporcionan nuevos puntos de vista acerca de la especie humana y de los millones de otros organismos con los que compartimos este planeta. La biología afecta nuestras decisiones personales, gubernamentales y sociales. Por ejemplo, se necesita un esfuerzo combinado de todos los niveles de la sociedad humana para proporcionar los recursos y conocimientos a fin de enfrentar los desafíos de una pandemia mundial.

Sea cual sea su especialidad universitaria o el objetivo de su carrera, los conocimientos de los conceptos biológicos son una herramienta vital para la comprensión de nuestro mundo y para cumplir con muchos de los retos personales, sociales y globales a los que nos enfrentamos. Entre estos desafíos están la creciente población humana, la disminución de la diversidad biológica, la disminución de los recursos naturales, el cambio climático global y la prevención y cura de enfermedades, tales como enfermedades del corazón, cáncer, diabetes, enfermedad de Alzheimer, síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA), y la gripe. Enfrentar estos desafíos requerirá de los esfuerzos combinados de biólogos y otros científicos, profesionales de la salud, educadores, políticos y ciudadanos con información de biología.

Este libro es un punto de partida para la exploración de la biología. Le proporcionará los conocimientos básicos y las herramientas para ser parte de esta fascinante ciencia, así como un miembro más informado de la sociedad.

## 1.1 TRES TEMAS BÁSICOS

### OBJETIVO DE APRENDIZAJE

- 1 Describir los tres temas básicos de la biología.

En este primer capítulo se presentan los tres temas básicos de la biología. Ellos están conectados entre sí y con casi todos los conceptos que se analizan en este libro.

1. **Evolución.** Las poblaciones de organismos han evolucionado a través del tiempo a partir de formas primitivas de vida. Los científicos han acumulado una gran cantidad de evidencia que muestra que las diversas formas de vida en este planeta están relacionadas entre sí y que las poblaciones han *evolucionado*, es decir, han cambiado con el tiempo, a partir de las primeras formas de vida. El proceso de *evolución* es el marco para la ciencia de la biología y es un tema importante de este libro.
2. **Transferencia o flujo de información.** La información se debe transmitir dentro y entre los organismos, y éstos deben poder recibir información de su entorno. La supervivencia y la función de cada célula y cada organismo dependen de la transmisión ordenada de la información. La evolución depende de la transmisión de la información genética de una generación a otra.
3. **Transferencia o flujo de energía.** Todos los procesos de la vida, incluyendo miles de reacciones químicas que mantienen la organización de la vida, requieren de un aporte continuo de energía. La mayor parte de la energía utilizada por los seres vivos proviene de la luz solar. La energía del Sol se transfiere a través de sistemas vivientes desde los productores a los consumidores; los descomponedores obtienen energía de los cadáveres y de desechos de los productores y consumidores de los que se alimentan. La energía también se transfiere continuamente de un compuesto químico a otro dentro de cada célula.

La evolución, la transferencia de información y la transferencia de energía son las fuerzas que dan características únicas a la vida. Este estudio de la biología se inicia con el desarrollo de un conocimiento más preciso de las características fundamentales de los sistemas vivos.

## Repaso

- ¿Por qué la evolución, la transferencia de información y transferencia de energía se consideran básicas para la vida?
- ¿Qué significa el término *evolución* aplicado a poblaciones de organismos?

## 1.2 CARACTERÍSTICAS DE LA VIDA

### OBJETIVO DE APRENDIZAJE

- 2 Distinguir entre seres vivos y cosas no vivas mediante la descripción de rasgos que caracterizan a los organismos vivos.

Es fácil reconocer que un árbol de pino, una mariposa, y un caballo son seres vivos, mientras que una roca no lo es. A pesar de su diversidad, los organismos que habitan en nuestro planeta comparten un conjunto de características comunes que los distinguen de las cosas inertes. Estas características incluyen una clase precisa de organización, crecimiento y desarrollo, de metabolismo autorregulado, la capacidad de responder a los estímulos, reproducción y la adaptación al cambio ambiental.

## Los organismos están compuestos por células

Aunque varían mucho en tamaño y apariencia, todos los organismos consisten de unidades básicas llamadas **células**. Las nuevas células se forman sólo por la división de células previamente existentes. Como se analizará en el capítulo 4, estos conceptos se expresan en la **teoría celular**, un concepto unificador fundamental de la biología.

Algunas de las formas más simples de vida, como los protozoarios, son organismos **unicelulares**, lo que significa que cada uno consta de una sola célula (**FIGURA 1-1**). Por el contrario, el cuerpo de un perro o un árbol de arce están formados de miles de millones de células. En este tipo de organismos **multicelulares** complejos, los procesos de la vida dependen de las funciones coordinadas de sus componentes celulares que pueden estar organizadas en forma de tejidos, órganos y sistemas de órganos.

Cada célula está envuelta por una **membrana plasmática** que la protege y separa del medio ambiente externo que la rodea. La membrana plasmática regula el paso de materiales entre la célula y su entorno. Las células tienen moléculas especializadas que contienen instrucciones genéticas y transmiten información genética. En la mayoría de las células, las instrucciones genéticas están codificadas en el ácido desoxirribonucleico, conocido simplemente como **ADN**. Las células normalmente tienen estructuras internas llamadas orgánulos u **organelos** que están especializados para realizar funciones específicas.

Fundamentalmente hay dos tipos diferentes de células: procariotas y eucariotas. Las **células procariotas** son exclusivas de las bacterias y organismos microscópicos llamados *arqueas*. Todos los otros organismos se caracterizan por sus **células eucariotas**. En general estas células contienen diversos orgánulos delimitados por membranas, incluyendo un **núcleo**, que alberga el ADN. Las células procariotas son estructuralmente más simples, no tienen un núcleo ni otros orgánulos delimitados por membranas.

## Los organismos crecen y se desarrollan

El **crecimiento biológico** implica un aumento en el tamaño de las células individuales de un organismo, en el número de células, o en ambos. El crecimiento puede ser uniforme en las diversas partes de un organismo, o puede ser mayor en algunas partes que en otras, haciendo que las proporciones del cuerpo cambien a medida que se produce el crecimiento. Algunos organismos, por ejemplo la mayoría de los árboles, continúan creciendo durante toda su vida. Muchos animales tienen un período de crecimiento definido que termina cuando se alcanza el tamaño característico de adulto. Un aspecto interesante del proceso de crecimiento es que cada parte del organismo sigue funcionando normalmente a medida que crece.

Los organismos vivos se desarrollan conforme crecen. El **desarrollo** incluye todos los cambios que tienen lugar durante la vida de los organismos. Al igual que muchos otros organismos, cada ser humano comienza su vida como un huevo fertilizado, que crece y se desarrolla. Las estructuras y la forma del cuerpo que se desarrollan están delicadamente adaptadas a las funciones que el organismo debe realizar.

## Los organismos regulan sus procesos metabólicos

Dentro de todos los organismos, se realizan reacciones químicas y transformaciones de energía que son esenciales para la nutrición, el crecimiento y la reparación de las células, y la conversión de energía en formas útiles. La suma de todas las actividades químicas del organismo es su **metabolismo**.

Los procesos metabólicos ocurren de manera continua en todos los organismos, y deben ser cuidadosamente regulados para mantener la **homeostasis**, un ambiente interno adecuado y equilibrado. Cuando se ha elaborado una cantidad suficiente de un producto celular, se debe disminuir o suspender su producción. Cuando se requiere una sustancia en particular, se deben activar los procesos celulares que la producen. Estos **mecanismos homeostáticos** son sistemas de control de autorregulación que son muy sensibles y eficientes.



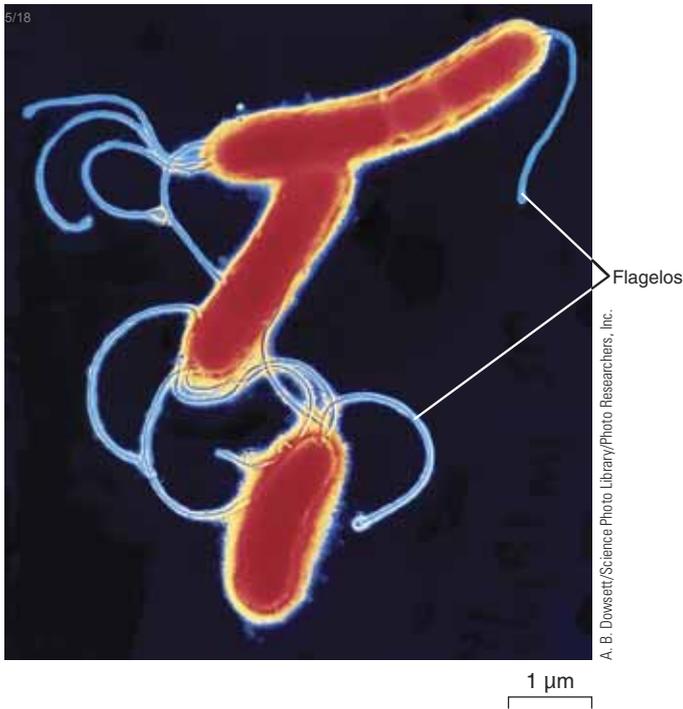
(a) Los organismos unicelulares constan de una compleja organización de la célula que realiza todas las funciones esenciales para la vida. Los cilios como este *Paramecium*, se mueven batiendo sus cilios de aspecto piloso.



(b) Los organismos multicelulares, como este búfalo africano (*Syncerus caffer*) y la hierba que pastan, pueden consistir en miles de millones de células especializadas para realizar funciones específicas.

### FIGURA 1-1 Formas de vida unicelulares y multicelulares

La regulación de la concentración de la glucosa (un azúcar simple) en la sangre de los animales complejos es un buen ejemplo de un mecanismo homeostático. Sus células requieren un suministro constante de moléculas de glucosa, que se desdobra o rompe para obtener energía. El sistema circulatorio proporciona glucosa y otros nutrientes a todas las células. Cuando la concentración de glucosa en la sangre se eleva por encima de los límites normales, el exceso de glucosa se almacena en el hígado y en las células musculares en forma de glucógeno. Si usted no come durante unas cuantas horas, la concentración de glucosa empieza a bajar. Su cuerpo convierte los nutrientes almacenados en glucosa, regresando los niveles normales de glucosa en la sangre. Cuando la concentración de glucosa disminuye, usted siente hambre y al comer se restauran los nutrientes.



Flagelos  
A. B. Dowsett/Science Photo Library/Photo Researchers, Inc.

### FIGURA 1-2 Movimiento biológico

Estas bacterias (*Helicobacter pylori*), equipadas con flagelos para su locomoción, se han relacionado con las úlceras de estómago. La fotografía fue tomada con un microscopio electrónico de barrido. Las bacterias no son realmente de color rojo y azul. Su color se ha mejorado artificialmente.

## Los organismos responden a estímulos

Todas las formas de vida responden a **estímulos**, a los cambios físicos o químicos en su ambiente interno o externo. Los estímulos que provocan una respuesta en la mayoría de los organismos son los cambios en el color, intensidad o dirección de la luz; cambios de temperatura, presión, o el sonido; y cambios en la composición química del suelo, del aire o del agua circundante. Responder a estímulos implica movimiento, aunque no siempre locomoción (moverse de un lugar a otro).

En los organismos simples, el individuo entero puede ser sensible a los estímulos. Ciertos organismos unicelulares, por ejemplo, responden a la luz brillante retirándose. En algunos organismos, la locomoción se logra mediante la lenta formación de prolongaciones o pseudópodos de la célula, el proceso de *movimiento ameboide*. Otros organismos se mueven batiendo las diminutas extensiones pilosas de la célula llamadas **cilios** o de estructuras más grandes conocidas como **flagelos** (FIGURA 1-2). Algunas bacterias se mueven haciendo rotar sus flagelos.

La mayoría de los animales se mueven de forma muy evidente. Se manean, gatean, nadan, corren o vuelan debido a la contracción de sus músculos. Las esponjas, corales y ostras tienen un nado libre en sus estadios larvarios, pero como adultos la mayoría son **sésiles**, lo que significa que no se pueden mover de un lugar a otro. De hecho, pueden permanecer firmemente unidos a una superficie, tal como el fondo del mar o una roca. Muchos organismos sésiles tienen cilios o flagelos que baten rítmicamente, llevándoles alimentos y oxígeno del agua circundante. Los animales complejos, como los saltamontes, lagartos, y los seres humanos, tienen células altamente especializadas que responden a tipos específicos de estímulos. Por ejemplo, las células de la retina del ojo de los vertebrados responden a la luz.

Aunque las respuestas pueden no ser tan obvias como las de los animales, las plantas responden a la luz, a la gravedad, al agua, al tacto, y otros estímulos. Por ejemplo, todas las plantas orientan sus hojas hacia el

Sol y crecen hacia la fuente de luz. Muchas de las respuestas de las plantas implican diferentes tasas de crecimiento de varias partes del cuerpo de la planta. Algunas plantas, como la Venus atrapamoscas de los pantanos de Carolina, son muy sensibles al tacto y capturan insectos (FIGURA 1-3). Sus hojas están articuladas a lo largo de la nervadura, y tienen un olor que atrae a los insectos. Los pelos se activan sobre la superficie de la hoja al detectar la llegada de un insecto y estimulan a la hoja para que se doble. Cuando se unen los bordes, se entrelazan, impidiendo el escape de los insectos. Enseguida la hoja segrega enzimas que matan y digieren al insecto. La Venus atrapamoscas por lo general crece en suelo deficiente de nitrógeno. La planta obtiene parte del nitrógeno necesario para su crecimiento de los insectos que se “come”.



David M. Dennis/Tom Stack & Associates

(a) Los pelos en la superficie de las hojas de la Venus atrapamoscas (*Dionaea muscipula*) detectan el toque de un insecto, y la hoja responde doblándose.



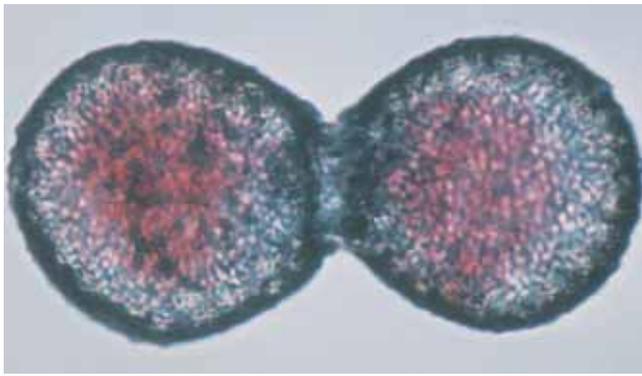
David M. Dennis/Tom Stack & Associates

(b) Los bordes de la hoja se juntan y entrelazan, para impedir que la mosca se escape. Entonces la hoja segrega enzimas que matan y digieren el insecto.

### FIGURA 1-3 Plantas que responden a estímulos

## Los organismos se reproducen

Hace tiempo, la gente pensaba que los gusanos surgían de forma espontánea a partir de la crin del caballo en una



Cabisco/Visuals Unlimited, Inc.

**(a) Reproducción asexual.** Un individuo da lugar a dos o más descendientes que son similares al progenitor. Esta imagen muestra la división de la *Diffugia*, una ameba unicelular, para formar dos amebas.



L. E. Gilbert/Biological Photo Service

**(b) Reproducción sexual.** Generalmente, cada uno de los dos progenitores contribuye con un gameto (espermatozoide u óvulo). Los gametos se fusionan para producir los descendientes, cada uno de los cuales tienen una combinación de las características de ambos padres. Esta imagen muestra un par de moscas tropicales apareándose.

### FIGURA 1-4 Reproducción asexual y sexual

cubeta de agua, las larvas a partir de la carne en descomposición, y las ranas a partir del lodo del Nilo.

Gracias al trabajo de varios científicos, entre ellos el médico italiano Francesco Redi en el siglo XVII y el químico francés Louis Pasteur en el siglo XIX, se sabe que todos los organismos provienen de otros organismos ya existentes.

Los organismos simples, como las amebas, se perpetúan por **reproducción asexual** (FIGURA 1-4a). Cuando una ameba ha crecido hasta un tamaño determinado, se reproduce dividiéndose a la mitad para formar dos nuevas amebas. Antes de que se divida una ameba, su material hereditario (conjunto de *genes*) se duplica, y un conjunto completo se distribuye en cada nueva célula. Excepto por el tamaño, cada nueva ameba es similar a la célula progenitora. La única manera de que se produzca la variación en un organismo de reproducción asexual es por *mutación* genética, un cambio permanente en los genes.

En la mayoría de las plantas y animales, la **reproducción sexual** se lleva a cabo por la fusión de un óvulo y un espermatozoide para formar un óvulo fecundado (FIGURA 1-4b). El nuevo organismo se desarrolla a



McMurray Photography

### FIGURA 1-5 Adaptaciones

Estas cebras de Burchell (*Equus burchelli*), fotografiadas en Tanzania, adaptan su comportamiento para ponerse en una situación conveniente a fin de estar atentas ante los leones y otros depredadores. Se cree que las rayas son una adaptación para la protección visual contra los depredadores. Éstas les sirven como camuflaje o para romper la forma, cuando se ven a distancia. El estómago de la cebra está adaptado para alimentarse con pasto grueso que han dejado otros herbívoros, una adaptación que le ayuda al animal a sobrevivir cuando la comida escasea.

partir del óvulo fecundado. Los descendientes producidos por la reproducción sexual son el resultado de la interacción de varios genes aportados por la madre y el padre. Esta variación genética es importante en los procesos vitales de la evolución y la adaptación.

### Las poblaciones evolucionan y se adaptan al medio ambiente

La capacidad de una población para evolucionar durante muchas generaciones y adaptarse a su entorno les permite sobrevivir en un mundo cambiante. Las **adaptaciones** son características que se heredan y que aumentan la capacidad de un organismo para sobrevivir en un entorno particular. La lengua larga y flexible de la rana es una adaptación para capturar insectos, las plumas y los huesos livianos de los pájaros son adaptaciones para volar, y la gruesa cubierta del pelo del oso polar es una adaptación para sobrevivir a las gélidas temperaturas. Las adaptaciones pueden ser estructurales, fisiológicas, bioquímicas, de comportamiento, o una combinación de las cuatro (FIGURA 1-5). Todos los organismos biológicamente exitosos son una compleja colección de adaptaciones coordinadas que se han producido a través de los procesos evolutivos.

### Repaso

- ¿Qué características distinguen a un organismo vivo de un objeto inanimado?
- ¿Cuáles serían las consecuencias para un organismo si sus mecanismos homeostáticos fallaran? Explique su respuesta.
- ¿Qué se entiende por adaptaciones?

## 1.3 NIVELES DE ORGANIZACIÓN BIOLÓGICA

### OBJETIVO DE APRENDIZAJE

- 3 Construir una jerarquía de organización biológica, que incluya los niveles característicos de los organismos individuales y los niveles característicos de sistemas ecológicos.

Ya sea que se estudie un solo organismo o los seres vivos como un todo, se puede identificar una jerarquía de organización biológica (FIGURA 1-6). En cualquier nivel, la estructura y la función están estrechamente relacionados. Una forma de estudiar un nivel en particular es observando sus componentes. Los biólogos pueden ampliar su punto de vista sobre las células con el estudio de los átomos y moléculas que la componen. Al aprendizaje sobre una estructura mediante el estudio de sus partes se le llama **reduccionismo**. Sin embargo, el todo es más que la suma de sus partes. Cada nivel tiene **propiedades emergentes**, características que no se encuentran en los niveles inferiores. Las poblaciones de organismos tienen propiedades emergentes tales como densidad de población, estructura de edad y tasas de natalidad y de mortalidad. Los *individuos* que conforman una población no tienen estas características. Considere también el cerebro humano. El cerebro está compuesto de millones de neuronas (células nerviosas). Sin embargo, se podrían estudiar todas estas neuronas individuales y no tener idea de las capacidades funcionales del cerebro. Sólo cuando las neuronas se conectan entre sí de manera precisa se hacen evidentes las propiedades emergentes, tales como la capacidad para pensar, hacer juicios y la coordinación motora.

## Los organismos presentan diferentes niveles de organización

El nivel químico, el más básico de la organización biológica, incluye átomos y moléculas. Un **átomo** es la unidad más pequeña de un elemento químico que conserva las propiedades características de ese elemento. Por ejemplo, un átomo de hierro es la cantidad más pequeña posible de hierro. Los átomos se combinan químicamente para formar **moléculas**. Dos átomos de hidrógeno se combinan con un átomo de oxígeno para formar una sola molécula de agua. Aunque se compone de dos tipos de átomos que son gases, el agua puede existir como líquido o sólido. Las propiedades del agua son muy diferentes de las de sus componentes hidrógeno y oxígeno, este es un ejemplo de propiedades emergentes.

A nivel celular, muchos tipos de átomos y moléculas se asocian entre sí para formar **células**. Sin embargo, una célula es mucho más que un montón de átomos y moléculas. Sus propiedades emergentes hacen de ésta la unidad básica estructural y funcional de la vida, el componente más simple de la materia viva que puede realizar todas las actividades necesarias para vivir.

Durante la evolución de organismos multicelulares, las células se asociaron para formar **tejidos**. Por ejemplo, la mayoría de los animales tienen tejido muscular y tejido nervioso. Las plantas tienen epidermis, un tejido que sirve como una cubierta protectora, y tejidos vasculares que mueven los materiales a través del cuerpo de la planta. En la mayoría de los organismos complejos, los tejidos se organizan en estructuras funcionales llamadas **órganos**, tales como el corazón y el estómago en animales y las raíces y las hojas de las plantas. En los animales, cada grupo principal de funciones biológicas lo realiza un grupo coordinado de tejidos y órganos llamado **sistema de órganos**. Los sistemas circulatorio y digestivo son ejemplos de sistemas de órganos. Funcionando en conjunto con gran precisión, los sistemas de órganos constituyen un complejo **organismo** multicelular. Una vez más, las propiedades emergentes son evidentes. Un organismo es mucho más que los sistemas de órganos que lo componen.

## Se pueden identificar varios niveles de organización ecológica

Los organismos interactúan para formar niveles aún más complejos de organización biológica. Todos los miembros de una misma especie

que viven en la misma área geográfica, al mismo tiempo constituyen una **población**. Las poblaciones de diversos tipos de organismos que habitan en un área particular e interactúan entre sí forman una **comunidad**. Una comunidad puede constar de cientos de diferentes tipos de organismos.

Una comunidad, junto con su entorno inerte es un **ecosistema**. Un ecosistema puede ser tan pequeño como un estanque (o incluso un charco) o tan grande como las grandes planicies de América del Norte o la tundra ártica. Todos los ecosistemas de la Tierra en conjunto se conocen como la **biosfera**, que incluye a toda la Tierra habitada por organismos vivos, la atmósfera, la hidrosfera (agua en cualquier forma), y la litosfera (corteza de la Tierra). El estudio de cómo los organismos se relacionan entre sí y con su entorno físico se llama **ecología** (derivada del griego *oikos*, que significa “casa”).

## Repaso

- ¿Cuáles son los niveles de organización dentro de un organismo?
- ¿Cuáles son los niveles de organización ecológica?

## 1.4 TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN

### OBJETIVO DE APRENDIZAJE

- 4 Resumir la importancia de la transferencia de información dentro y entre los sistemas de vida, dando ejemplos específicos.

Un organismo hereda la información que necesita para crecer, desarrollarse, autorregularse metabólicamente, responder a los estímulos, y reproducirse. Cada organismo contiene también instrucciones precisas para elaborar las moléculas necesarias para la comunicación de sus células. La información que un organismo requiere para realizar estos procesos de la vida se codifica y se transmite en forma de sustancias químicas e impulsos eléctricos. Los organismos también deben comunicar información entre sí.

## El ADN transmite información de una generación a la siguiente

Los seres humanos procrean solamente bebés humanos, no jirafas o rosales. En los organismos que se reproducen sexualmente, cada descendiente es una combinación de los rasgos de sus padres. En 1953, James Watson y Francis Crick trabajaron con la estructura del ADN, la molécula de gran tamaño que constituye los **genes**, que son las unidades de material hereditario (FIGURA 1-7). Una molécula de ADN consiste de dos cadenas de átomos que se pliegan entre sí para formar una hélice. Como se describe en el capítulo 2, cada cadena se compone de una secuencia de subunidades químicas llamados **nucleótidos**. Hay cuatro tipos de nucleótidos en el ADN, y cada secuencia de tres nucleótidos es parte del código genético.

El trabajo de Watson y Crick permitió entender este código genético. La información codificada en las secuencias de nucleótidos en el ADN transmite la información genética de generación en generación. El código funciona algo así como un alfabeto. Los nucleótidos pueden “deletrear” una asombrosa variedad de instrucciones para la creación de organismos tan diversos como las bacterias, las ranas y los árboles secoya. El código genético es universal, es decir, prácticamente idéntico en todos los organismos, un ejemplo dramático de la unidad de la vida.

**Organismo**

Los sistemas de órganos trabajan juntos para el funcionamiento del organismo.



Organismo



Población

**Población**

Una población está formada por organismos de la misma especie.

**Sistema de órganos**

(por ejemplo, sistema esquelético) Los tejidos y órganos forman los sistemas de órganos.

Sistema de órganos



**Órgano**

(por ejemplo, los huesos) Los tejidos forman los órganos.

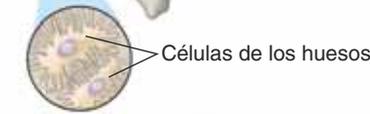
Órgano



**Tejido**

(por ejemplo, el tejido óseo) Las células se asocian para formar tejidos.

Tejido

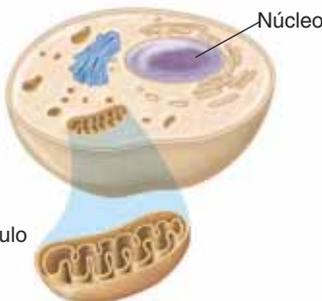


Células de los huesos

**Nivel celular**

Los átomos y las moléculas forman el citoplasma y los orgánulos, como el núcleo y la mitocondria (el lugar de muchas transformaciones energéticas). Los orgánulos realizan diversas funciones de la célula.

Célula



Núcleo

Orgánulo

**Nivel químico**

Los átomos se unen para formar moléculas. Las macromoléculas son grandes moléculas como las proteínas y el ADN.

Macromolécula



Molécula

Átomo de oxígeno

Átomos de hidrógeno

Agua



Comunidad

**Comunidad**

Las poblaciones de diferentes especies que habitan la misma zona geográfica forman una comunidad.



Ecosistema

**Ecosistema**

Una comunidad junto con el medio ambiente inerte forma un ecosistema.

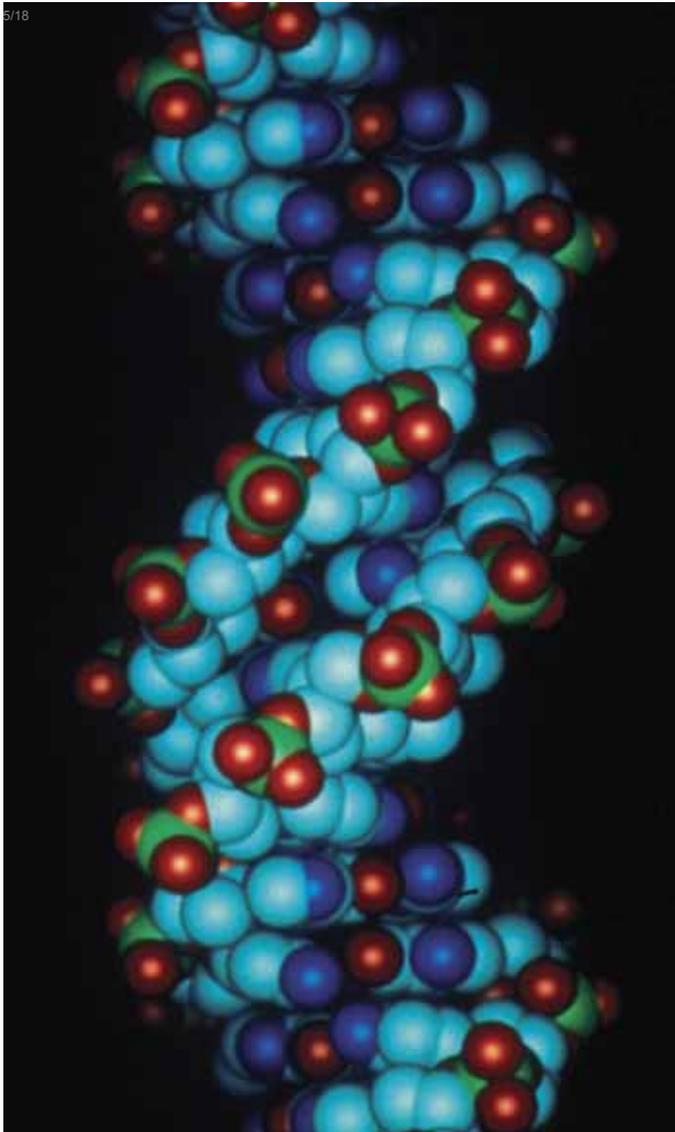


Biosfera

**Biosfera**

La Tierra y todas sus comunidades constituyen la biosfera.

**FIGURA 1-6** La jerarquía de la organización biológica



**FIGURA 1-7 ADN**

El ADN es el material hereditario que transmite información de una generación a otra. Como se muestra en este modelo, el ADN es una macromolécula que consiste en dos cadenas de átomos que se pliegan entre sí para formar una hélice. Cada cadena se compone de subunidades llamadas nucleótidos. La secuencia de nucleótidos constituye el código genético.

### La información se transmite por señales químicas y eléctricas

Los genes controlan el desarrollo y funcionamiento de cada organismo. El ADN que constituye los genes contiene las “recetas” para hacer todas las proteínas requeridas por el organismo. Las **proteínas** son moléculas grandes o macromoléculas importantes en la determinación de la estructura y función de las células y tejidos. Por ejemplo, las células del cerebro se diferencian de las células musculares en gran parte debido a que tienen diferentes tipos de proteínas. Algunas proteínas son importantes en la comunicación dentro y entre las células. Ciertas proteínas que se encuentran en la superficie de una célula sirven como marcadores de manera que otras células las “reconozcan”. Algunas proteínas de la superficie celular sirven como receptores que se combinan con los mensajeros químicos.

Las células utilizan las proteínas y muchos otros tipos de moléculas para comunicarse entre sí. En un organismo multicelular, las células producen compuestos químicos como las **hormonas**, un tipo de señalizadores celulares. Las hormonas y otros mensajeros químicos pueden ser señalizadores celulares en órganos distantes para que secreten una sustancia necesaria en particular o para cambiar alguna actividad metabólica. De esta manera, las señales químicas ayudan a regular el crecimiento, el desarrollo y los procesos metabólicos. Los mecanismos implicados en la **señalización celular** a menudo involucran procesos bioquímicos complejos.

La señalización celular es actualmente un área de intensa investigación. Un aspecto importante ha sido la transferencia de información entre las células del sistema inmunológico. Una mejor comprensión de cómo se comunican las células promete nuevos conocimientos sobre cómo el cuerpo se protege contra los organismos causantes de enfermedades. Aprender a manejar la señalización celular puede conducir a nuevos métodos de administración de fármacos en las células y nuevos tratamientos para el cáncer y otras enfermedades.

Algunos organismos utilizan señales eléctricas para transmitir información. La mayoría de los animales tiene un sistema nervioso que transmite la información a través de impulsos eléctricos y compuestos químicos conocidos como **neurotransmisores**. La información transmitida desde una parte del cuerpo a otra es importante en la regulación de los procesos vitales. En los animales complejos, el sistema nervioso es el que provee la información acerca del ambiente exterior transmitiendo señales desde los receptores sensoriales como los ojos y los oídos al cerebro.

La información también se debe transmitir de un organismo a otro. Los mecanismos para este tipo de comunicación incluyen la liberación de productos químicos como feromonas, las señales visuales y sonoras. Típicamente, los organismos utilizan una combinación de varios tipos de señales de comunicación. Un perro puede enviar señales de agresión al gruñir, con una expresión facial particular, y haciendo las orejas hacia atrás. Muchos animales realizan complejos rituales de cortejo en el que se muestran partes de sus cuerpos, a menudo elaboradamente decorados, para atraer a su pareja.

### Repaso

- ¿Cuál es la función del ADN?
- Mencione dos ejemplos de señalización celular

## 1.5 LA ENERGÍA DE LA VIDA

### OBJETIVO DE APRENDIZAJE

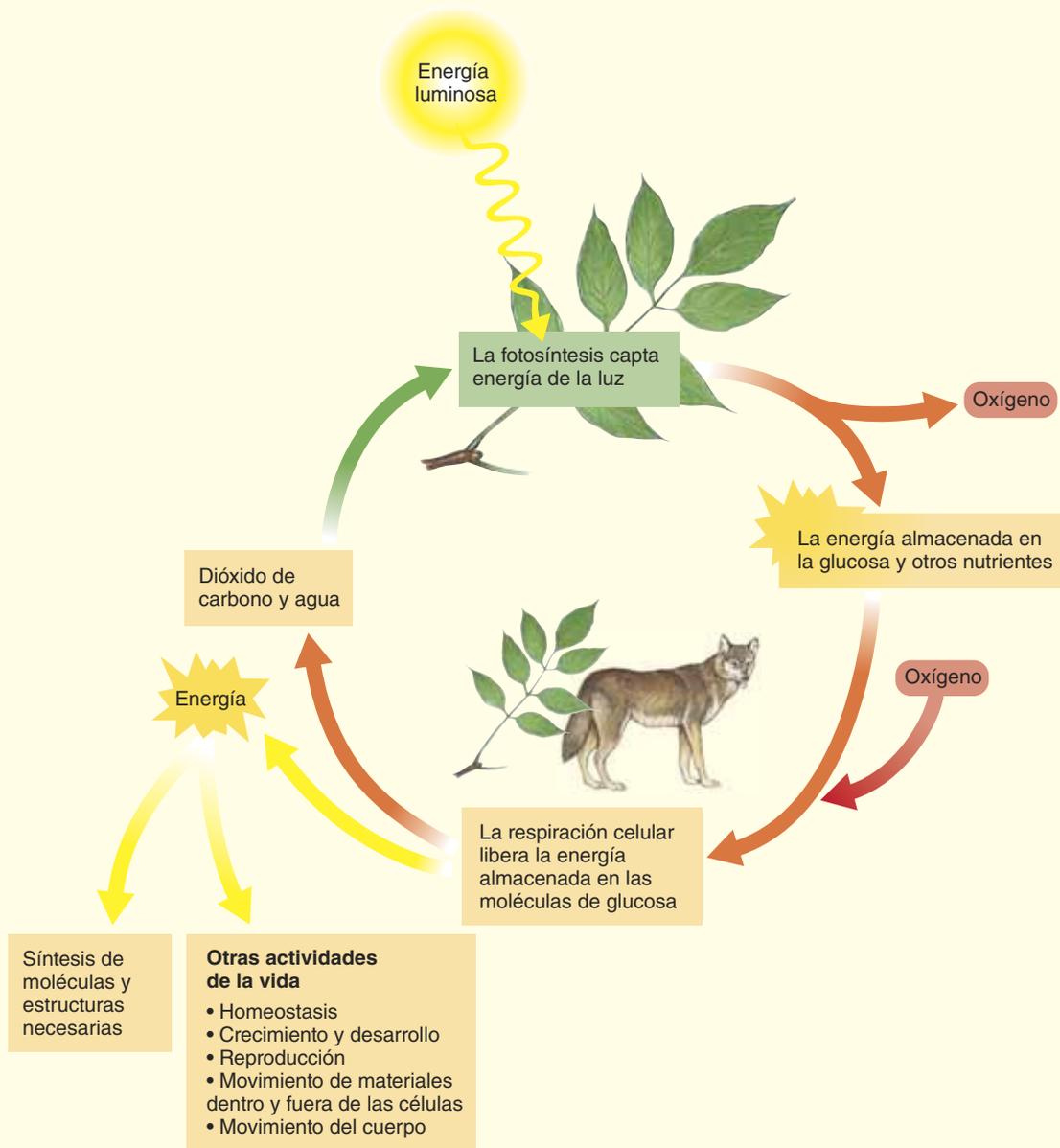
- 5 Resumir el flujo de energía a través de los ecosistemas y contrastar el papel de los productores, consumidores y descomponedores.

La vida depende de un aporte continuo de energía del Sol ya que cada actividad de una célula viva o un organismo requiere energía. Siempre que se utiliza energía para realizar trabajo biológico, una parte de ella se convierte en calor y se dispersa en el ambiente.

Recuerde que todas las transformaciones de energía y los procesos químicos que ocurren dentro de un organismo se conocen como su *metabolismo*. La energía es necesaria para realizar actividades metabólicas esenciales para el crecimiento, reparación y mantenimiento. Cada célula de un organismo requiere nutrientes que contienen energía. Durante la **respiración celular**, las células captan la energía liberada por las moléculas de nutrientes a través de una serie de reacciones químicas cuidadosamente reguladas (**FIGURA 1-8**). La célula puede utilizar esta energía para hacer

**PUNTO CLAVE**

La mayor parte de la energía para la vida proviene de la energía luminosa del Sol, que se capta durante la fotosíntesis, parte de esta energía se almacena en los enlaces químicos de la glucosa y otros nutrientes.

**FIGURA 1-8 Flujo de energía dentro y entre los organismos**

Las algas y ciertas células vegetales realizan la fotosíntesis, un proceso que utiliza energía del Sol para producir glucosa a partir de dióxido de carbono y agua. La energía se almacena en los enlaces químicos de la glucosa y de otros nutrientes producidos a partir de la glucosa. Mediante

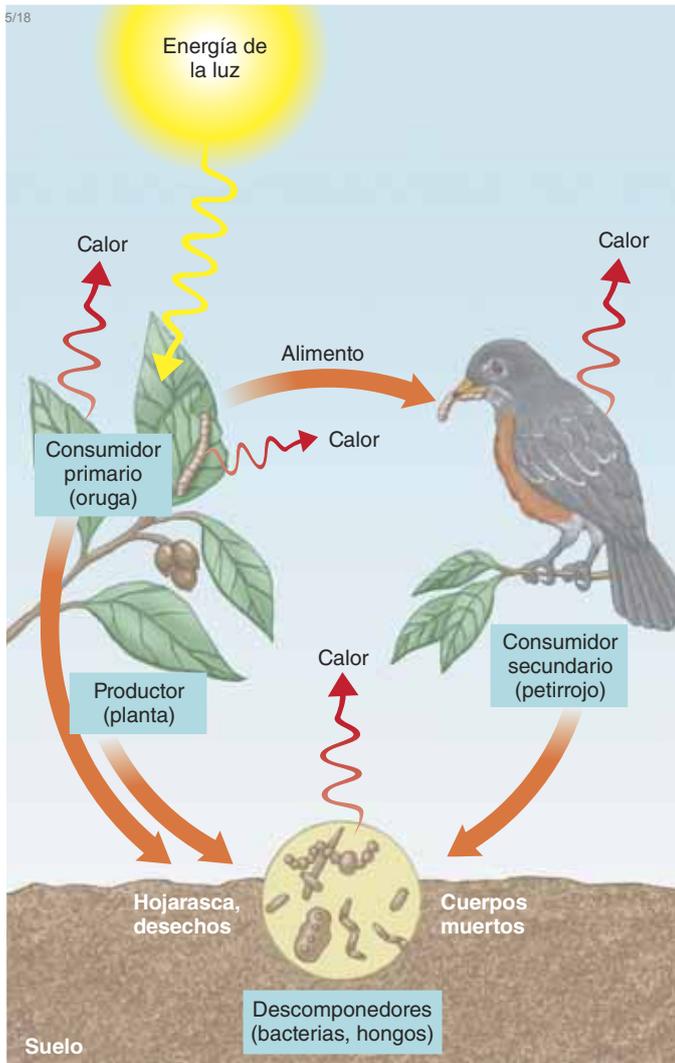
el proceso de la respiración celular, las células de todos los organismos, incluyendo algas y células vegetales, desdoblan la glucosa y otros nutrientes. La energía liberada se puede utilizar con el fin de producir las moléculas necesarias y el combustible para otras actividades de la vida.

su trabajo, incluyendo la síntesis de materiales necesarios para hacer una nueva célula. Prácticamente todas las células realizan respiración celular.

Al igual que los organismos individuales, los ecosistemas también dependen de un aporte de energía continuo. Un ecosistema autosuficiente contiene tres tipos de organismos: productores, consumidores y descomponedores, e incluye un entorno físico en el que puedan sobrevivir. Estos organismos dependen unos de otros y del ambiente, para ob-

tener los nutrientes, la energía, el oxígeno y el dióxido de carbono. Hay un flujo unidireccional de energía a través de los ecosistemas. Los organismos no pueden crear energía ni utilizarla con total eficiencia. Durante cada transacción de energía, se dispersa un poco de ella en el ambiente en forma de calor que ya no está disponible para el organismo (FIGURA 1-9).

Las plantas (donde se incluyen las algas) y algunas bacterias son productores, o **autótrofos**, porque producen su propio alimento a partir



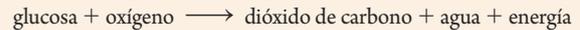
**FIGURA 1-9** Flujo de energía a través de la biosfera

El ingreso continuo de energía solar sostiene el funcionamiento de la biosfera. Durante la fotosíntesis, los productores utilizan la energía luminosa del Sol para formar moléculas complejas de dióxido de carbono y agua. Los consumidores primarios, como la oruga que se muestra aquí, obtienen energía, nutrientes y otros materiales necesarios cuando se comen a los productores. Los consumidores secundarios, como el petirrojo, obtienen energía, nutrientes y otros materiales requeridos cuando ellos comen a los consumidores primarios que a su vez se han comido a los productores. Los descomponedores obtienen su energía y nutrientes al descomponer los desechos y materia orgánica muerta. Durante cada transacción de energía, un poco de energía se pierde en los sistemas biológicos, dispersándose en el ambiente como calor.

de materias primas simples. La mayoría de estos organismos utilizan la luz del Sol como fuente de energía para realizar la **fotosíntesis**, que es el proceso mediante el cual los productores sintetizan moléculas complejas tales como glucosa (un azúcar) a partir del dióxido de carbono y agua. La energía luminosa se transforma en energía química, que se almacena en los enlaces químicos de las moléculas de los alimentos producidos. El oxígeno, que es requerido por las células de la mayoría de los organismos, incluyendo las células vegetales, es un subproducto de la fotosíntesis:



Los animales son **consumidores** o **heterótrofos**, es decir, organismos que dependen de los productores para obtener su alimento, energía y oxígeno. Los **consumidores primarios** se comen a los productores, mientras que los **consumidores secundarios** se comen a los consumidores primarios. Los consumidores obtienen energía rompiendo las moléculas de azúcares y otros alimentos producidos originalmente durante la fotosíntesis. Cuando los enlaces químicos se rompen durante el proceso de la respiración celular, la energía almacenada se hace accesible para los procesos vitales:



Los consumidores contribuyen al equilibrio del ecosistema. Por ejemplo, los consumidores producen el dióxido de carbono requerido por los productores. (Observe que los productores también realizan respiración celular). El metabolismo de los consumidores y los productores ayuda a mantener la mezcla de los gases en la atmósfera para mantener la vida.

La mayoría de las bacterias y los hongos son **descomponedores**, heterótrofos que obtienen nutrientes al descomponer material orgánico inerte como los desechos, hojas secas y ramas, y los cuerpos de los organismos muertos. En el proceso de obtención de energía, los descomponedores hacen que los componentes de estos materiales estén disponibles para su reutilización. Si los descomponedores no existieran los nutrientes permanecerían encerrados en los desechos y cadáveres, y el suministro de los elementos requeridos por los sistemas vivos no tardaría en agotarse.

## Repaso

- ¿Qué componentes se podrían incluir en un ecosistema forestal?
- ¿De qué manera los consumidores dependen de los productores?, ¿de los descomponedores? Incluya los aspectos de la energía en su respuesta.

## 1.6 EVOLUCIÓN: EL CONCEPTO BÁSICO UNIFICADOR EN BIOLOGÍA

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- 6 Demostrar el uso del sistema de nomenclatura binominal mediante ejemplos específicos para clasificar un organismo (como un ser humano) en su dominio, reino, filo, clase, orden, familia, género y especie.
- 7 Identificar los tres dominios y los reinos de los organismos vivos, y dar ejemplos de organismos asignados a cada grupo.
- 8 Describir brevemente la teoría científica de la evolución y explicar por qué es el concepto principal de unificación en la biología.
- 9 Aplicar la teoría de la selección natural para cualquier caso de adaptación dada y sugerir una explicación lógica de cómo esta adaptación pudo evolucionar.

La **evolución** es el proceso por el cual las poblaciones de organismos cambian con el tiempo. La teoría evolutiva se ha convertido en el concepto unificador más importante de la biología. Como veremos, la evolución consiste en pasar los genes de rasgos nuevos de una generación a otra, dando lugar a diferencias en las poblaciones. El punto de vista evolutivo es importante en cada campo especializado dentro de la biología. Los biólogos tratan de entender la estructura, función y comportamiento de los organismos y sus interacciones con otros, considerando estos aspectos a la luz de un largo y continuo proceso de evolución. Aunque no se analizará la evolución a profundidad,

aquí se presenta una breve reseña con la información necesaria a fin de comprender otros aspectos de la biología. En primer lugar, se examinará cómo los biólogos organizan los millones de organismos que han evolucionado, y después se resumen algunos de los mecanismos que impulsan la evolución.

## Los biólogos utilizan un sistema binominal para nombrar a los organismos

Los biólogos han identificado alrededor de 1.8 millones de especies de organismos existentes (actualmente vivos) y estiman que aún quedan varios millones más por descubrir. Para el estudio de la vida, se necesita un sistema para organizar, nombrar y clasificar sus múltiples formas. La **sistemática** es el campo de la biología que estudia la diversidad de los organismos y sus relaciones evolutivas. La **taxonomía**, una subespecialidad de la sistemática, es la ciencia que clasifica y denomina los organismos. En el siglo XVIII, Carolus Linneo, un botánico sueco, creó un sistema jerárquico para denominar y clasificar los organismos. Los biólogos aún utilizan este sistema hoy en día, con algunas modificaciones.

La **especie** es un grupo de organismos con una estructura, función y comportamiento similar. Una especie se compone de una o más poblaciones cuyos miembros son capaces de reproducirse con otro; en la naturaleza, no se reproducen con miembros de otras especies. Los miembros de una población contribuyen a un **acervo genético** común (todos los genes presentes en la población) y comparten un ancestro común. Las especies estrechamente relacionadas se agrupan en la siguiente categoría más amplia de la clasificación, el **género** (plural, *géneros*).

El sistema de Linneo para denominar especies se conoce como **sistema de nomenclatura binominal** porque a cada especie se le asigna un nombre de dos partes. La primera parte del nombre es el género, y la segunda parte, el **epíteto específico**, que designa una especie particular que pertenece a este género. El epíteto específico es a menudo una palabra descriptiva que expresa una cualidad del organismo. Siempre se utiliza junto con el nombre genérico completo o abreviado que le precede. El nombre genérico siempre se escribe con mayúscula, y el epíteto específico generalmente con minúscula. Ambos nombres se escriben siempre en cursiva o subrayado. Por ejemplo, el perro doméstico, *Canis familiaris* (abreviado *C. familiaris*), y el lobo gris, *Canis lupus* (*C. lupus*), pertenecen al mismo género. El gato doméstico, *Felis catus*, pertenece a un género diferente. El nombre científico del roble blanco americano es *Quercus alba*, mientras que el nombre del roble blanco europeo es *Quercus robur*. Otro árbol, el sauce blanco, *Salix alba*, pertenece a un género diferente. El nombre científico de nuestra especie es *Homo sapiens* (“hombre sabio”).

## La clasificación taxonómica es jerárquica

Así como las especies estrechamente relacionadas se pueden agrupar en un género común, los géneros relacionados se pueden agrupar en un grupo más amplio, en una **familia**. Las familias se agrupan en **órdenes**, las órdenes en **clases**, y las clases en **filos** (singular, *filo*). Los filos se pueden asignar a **reinos**, y los reinos se agrupan en **dominios**. Cada agrupación formal a cualquier nivel es un **taxón** (plural, *taxa*). Observe que cada taxón es más amplio que el taxón que está debajo de éste. Juntos forman una jerarquía que va de especie a dominio (**TABLA 1-1** y **FIGURA 1-10**).

Considere un ejemplo específico. La familia Canidae, que incluye a todos los carnívoros (animales que comen principalmente carne) como los perros, se compone de 12 géneros y alrededor de 34 especies vivien-

tes. La familia Canidae, la Ursidae (osos), la Felidae (animales felinos), y varias otras familias que se alimentan principalmente de carne, hacen parte del orden Carnívora. El orden Carnívora, el orden Primates (al que pertenecen los chimpancés y los seres humanos), y algunas otras órdenes pertenecen a la clase Mammalia (mamíferos). La clase de los mamíferos se agrupa con otras clases como peces, anfibios, reptiles y aves en el subfilo de los vertebrados. Los vertebrados pertenecen al filo Chordata, que es parte del reino Animalia. Los animales se asignan al dominio Eukarya.

## El árbol evolutivo de la vida incluye tres dominios y varios reinos

La sistemática misma ha evolucionado conforme los científicos han creado nuevas técnicas para inferir un ancestro común entre los grupos de organismos. Como se va a aprender, los biólogos intentan clasificar los organismos con base en las relaciones evolutivas. Estas relaciones se basan en las características comunes que distinguen a un grupo en particular. Un grupo de organismos con un antepasado común es un **clado**. Los sistemáticos han desarrollado un **árbol de la vida**, un árbol genealógico que representa las relaciones evolutivas entre los organismos. Estas relaciones se basan en características comunes, incluidas las similitudes estructurales, de desarrollo, de comportamiento, y moleculares, así como en la evidencia fósil. La **FIGURA 1-11** es un **cladograma**, un diagrama de ramificación que representa el árbol de la vida tal y como se entiende actualmente. Conforme los investigadores reportan nuevos descubrimientos, la clasificación de los organismos cambia y las ramas del árbol de la vida se deben redibujar.

Aunque el árbol de la vida es un trabajo en progreso, la mayoría de los biólogos en la actualidad asignan los organismos a uno de los tres dominios y reinos o clados. Las bacterias se han reconocido como las células procariotas unicelulares, que se diferencian de todos los demás organismos (excepto de las arqueas), en que son **procariotas**. El microbiólogo Carl Woese ha sido pionero en el desarrollo de métodos moleculares para la sistemática. Woese y sus colegas seleccionaron una molécula conocida como la subunidad pequeña del ARN ribosómico (ARNr) que funciona en el proceso de la fabricación de las proteínas en todos los organismos. Debido a su estructura molecular difiere un poco en diferentes organismos, la hipótesis de Woese es que la composición molecular del ARNr en organismos que están estrechamente relacionados sería más similar que en los organismos distantemente relacionadas.

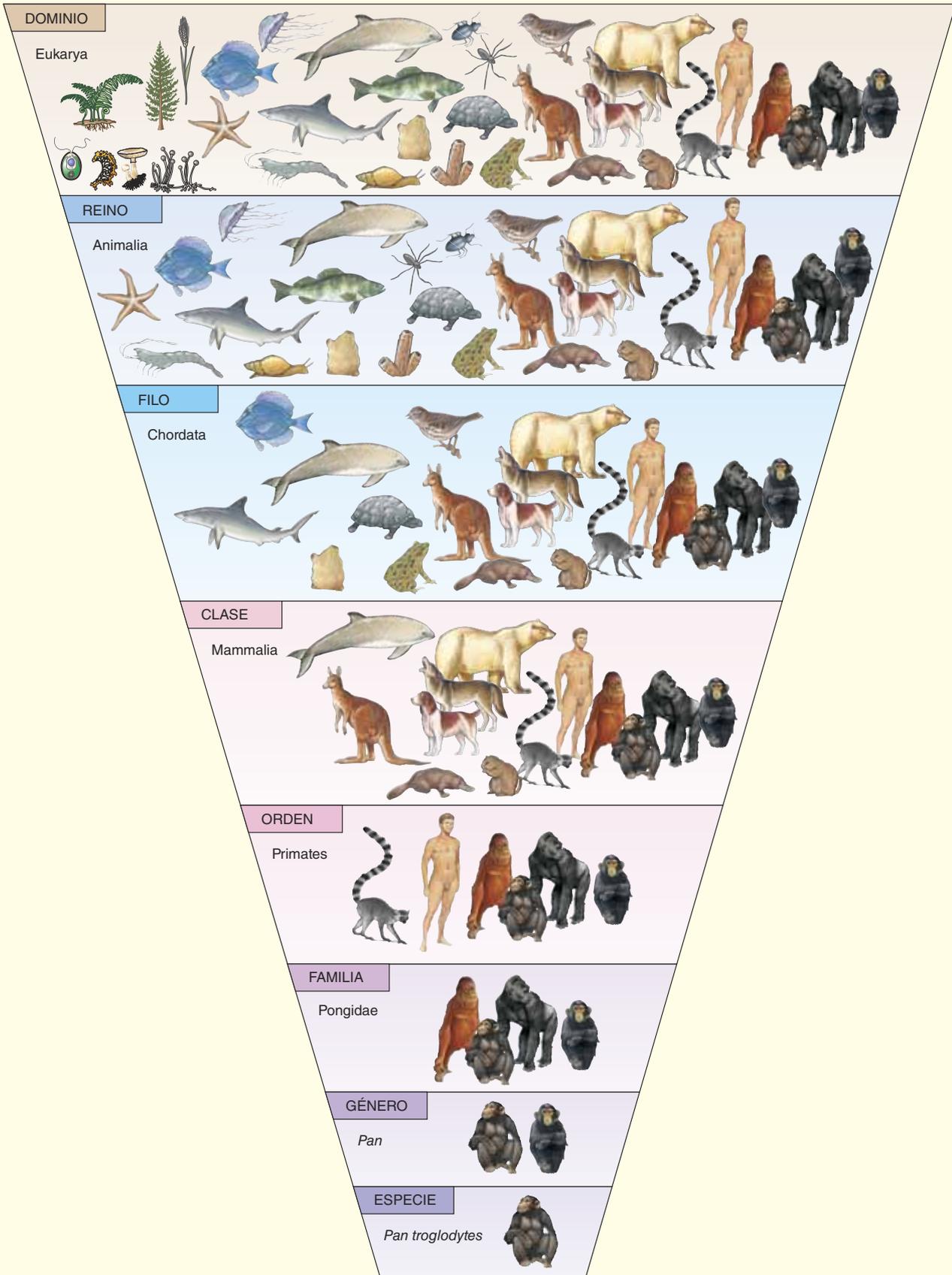
**TABLA 1-1**

Clasificación del gato, el humano, y el árbol de roble blanco

Categoría	Gato	Humano	Roble blanco
Dominio	Eukarya	Eukarya	Eukarya
Reino	Animalia	Animalia	Plantae
Filo	Chordata	Chordata	Anthophyta
Subfilo	Vertebrata	Vertebrata	Ninguno
Clase	Mammalia	Mammalia	Eudicotyledones
Orden	Carnívora	Primates	Fagales
Familia	Felidae	Hominidae	Fagaceae
Género	<i>Felis</i>	<i>Homo</i>	<i>Quercus</i>
Especie	<i>Felis catus</i>	<i>Homo sapiens</i>	<i>Quercus alba</i>

**PUNTO CLAVE**

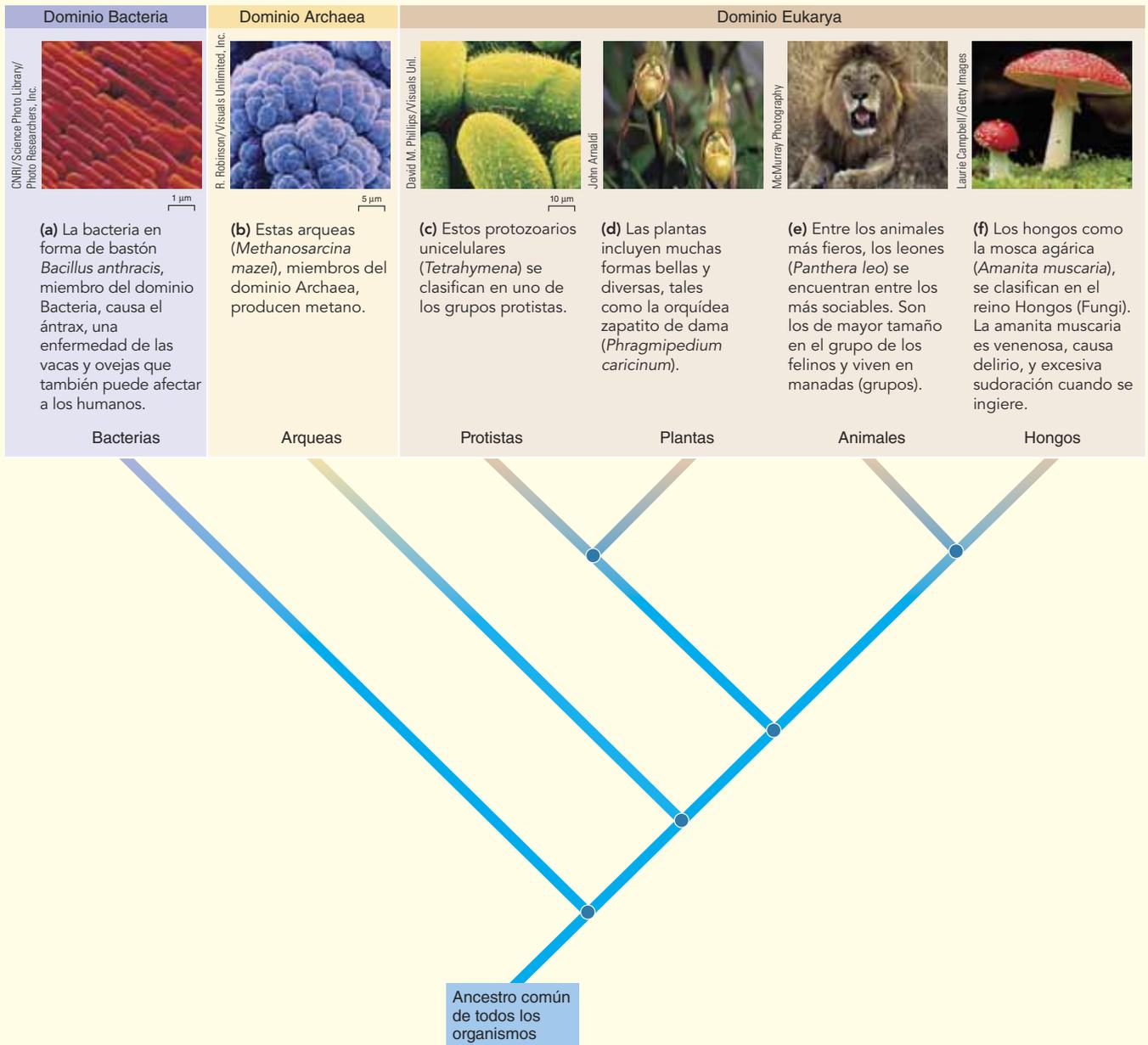
Los biólogos utilizan un esquema de clasificación jerárquica, con una serie de categorías taxonómicas desde especies a dominio, cada categoría es más general y más amplia que la de abajo.



**FIGURA 1-10** Clasificación del chimpancé (*Pan troglodytes*)

## PUNTO CLAVE

Este cladograma muestra las relaciones evolutivas entre los tres dominios y entre los principales grupos de organismos que pertenecen a estos dominios.



### FIGURA 1-11 Un panorama de los tres dominios de vida

Los biólogos clasifican los organismos en los tres dominios, varios reinos y otros grupos taxonómicos. Los protistas no forman un clado, y ya no se consideran un reino. Se asignan en cinco “supergrupos” (que no se incluyen aquí).

Los resultados de Woese mostraron que hay dos grupos distintos de los procariotas. Él estableció el nivel de dominio de la taxonomía y asignó los procariotas en dos dominios: **Bacteria** y **Archaea**. Los **eucariotes**, organismos con células eucariotas, se clasifican en el dominio **Eukarya**. El trabajo de Woese fue ampliamente aceptado a mediados de la década de 1990.

En el sistema de clasificación utilizado en este libro, cada organismo se asigna a un dominio y un reino o “supergrupo”. Dos reinos conforman

los dominios procarióticos: el reino Archaea corresponde al dominio Archaea, y el reino Bacteria corresponde al dominio Bacteria. Los otros reinos y grupos se asignan al dominio Eukarya.

Los **protistas** (por ejemplo, los hongos mucilaginosos, las amebas, y los ciliados) son unicelulares, coloniales u organismos multicelulares simples que tienen una organización de células eucariotas. El mundo *protista*, del griego “el primero”, refleja la idea de que los protistas fueron los primeros eucariotas en evolucionar. Los protistas son principalmente

organismos acuáticos con diversidad de formas, tipos de reproducción, modos de nutrición y estilos de vida. Algunos protistas están adaptados para realizar la fotosíntesis. Basado principalmente en datos moleculares, que han aclarado muchas de las relaciones evolutivas entre los eucariotas, los protistas ya no se consideran un reino. Diversos clados de protistas han sido identificados, y muchos biólogos ahora clasifican a los protistas en cinco “supergrupos”.

Los miembros del reino **Plantae** (Plantas) son organismos multicelulares complejos adaptados para realizar la fotosíntesis. Entre las principales características de las plantas están la *cutícula* (una cubierta cerosa sobre las partes aéreas que reduce la pérdida de agua) y los *estomas* (pequeñas aberturas en los tallos y las hojas para el intercambio de gases), muchas plantas tienen *gametangios* multicelulares (órganos que protegen el desarrollo reproductivo de las células). El reino Plantae incluye tanto a las plantas no vasculares (musgos) como a las plantas vasculares (helechos, coníferas y plantas con flores), los que tienen tejidos especializados para el transporte de materiales en todo el cuerpo de la planta. La mayoría de las plantas se adaptan a los ambientes terrestres.

El reino Hongos (**Fungi**) se compone de las levaduras, mohos, hongos, y setas. Los hongos no realizan la fotosíntesis. Ellos obtienen sus nutrientes secretando enzimas digestivas en los alimentos y al absorber el alimento predigerido. El reino Animales (**Animalia**) se compone de organismos multicelulares que se nutren al consumir otros organismos. La mayoría de los animales exhiben una considerable especialización celular y del tejido y organización del cuerpo. Estos caracteres han evolucionado junto con los órganos sensoriales complejos, el sistema nervioso y el sistema muscular. La mayoría de los animales se reproducen sexualmente, tienen grandes óvulos no móviles (no se mueven de un lugar a otro) y pequeños espermatozoides con flagelos que los impulsa en su viaje para encontrar al óvulo.

En este libro se ha presentado una introducción para los grupos de organismos que forman el árbol de la vida. Se hará referencia a ellos a lo largo de este libro, cuando se consideren los muchos tipos de retos que enfrentan los organismos y las diversas adaptaciones que han desarrollado en respuesta a ellos.

## Las especies se adaptan en respuesta a cambios en el ambiente

Cada organismo es el resultado de numerosas interacciones entre las condiciones ambientales y los genes heredados de sus ancestros. Si todos los individuos de una especie fueran exactamente iguales, cualquier cambio en el ambiente podría ser desastroso para todos, y la especie se extinguiría. Las adaptaciones de los seres vivos a los cambios en el ambiente se producen como consecuencia de los procesos evolutivos que tienen lugar en el tiempo e implican muchas generaciones.

## La selección natural es un importante mecanismo por el cual la evolución sigue su curso

Aunque los filósofos y naturalistas analizaron el concepto de la evolución durante siglos, Charles Darwin y Alfred Wallace fueron los primeros que presentaron una teoría de la evolución a la atención general y sugirieron un mecanismo posible, la **selección natural**, para explicarla. En su libro *Sobre el origen de las especies por selección natural*, publicado en 1859, Darwin sintetizó los nuevos descubrimientos en la geología y la biología. Presentó suficiente evidencia para apoyar su hipótesis de

que las actuales formas de vida descienden, con modificaciones, de las formas ya existentes. El libro de Darwin levantó una tormenta de controversia en la religión y la ciencia, algunas de las cuales aún persisten.

La teoría de la evolución de Darwin ha ayudado a dar forma a las ciencias biológicas hasta nuestros días. Su trabajo generó una gran ola de observación científica e investigación que ha proporcionado mucha evidencia adicional de que la evolución es responsable de la gran diversidad de organismos en nuestro planeta. Incluso hoy en día, los detalles de los procesos evolutivos son un foco importante de investigación y análisis.

Darwin basó su teoría de la selección natural en las siguientes cuatro observaciones:

1. Los miembros individuales de una especie muestran alguna variación entre sí.
2. Los organismos producen muchos más descendientes que los que sobreviven y se reproducen (**FIGURA 1-12**).
3. Debido a que se producen más individuos de lo que el ambiente puede soportar, los organismos deben competir por lo necesario, pero los recursos son limitados, tales como alimento, luz solar y el espacio. Además, algunos organismos son eliminados por los depredadores, por organismos que causan enfermedades (patógenos), o por las condiciones naturales desfavorables, tales como los cambios climáticos. ¿Qué organismos están más aptos para sobrevivir?
4. Los individuos con características que les permitan obtener y utilizar los recursos, escapar de los depredadores, resistir enfermedades causadas por otros organismos patógenos, y que soportan cambios en el ambiente tienen más probabilidades de sobrevivir hasta la madurez reproductiva. Los supervivientes que se reproducen pasan sus adaptaciones de supervivencia a su descendencia. De este modo, los



**FIGURA 1-12** Masas de huevos de la rana de la madera (*Rana sylvatica*)

J. Serrao/Photo Researchers, Inc.



Jack Jeffrey, Inc.



Jack Jeffrey, Inc.



Jack Jeffrey, Inc.

(a) El pico de este macho 'Akiapola'au (*Hemignathus munroi*) está adaptado para la extracción de larvas de insectos de la corteza. La mandíbula inferior (quijada) se utiliza para picotear y quitar la corteza, mientras que el maxilar (quijada superior) y la lengua se utilizan para agarrar la presa.

(b) 'I'iwi (*Vestiaria coccinea*) sobre una flor 'ohi'a. El pico está adaptado para alimentarse del néctar de flores tubulares.

(c) Palila (*Loxiodes bailleui*) en el árbol de Mamane. Este pinzón con pico mielero se alimenta de las semillas inmaduras de las vainas del árbol Mamane. También se alimenta de insectos, bayas y hojas jóvenes.

### FIGURA 1-13 Adaptación y diversificación en los mieleros hawaianos

Las tres especies que se muestran aquí están en peligro de extinción, principalmente porque sus hábitats han sido destruidos por los seres humanos o por especies introducidas por ellos.

individuos mejor adaptados de una población, dejan en promedio más descendencia que otros menos adaptados. Debido a esta *reproducción diferencial*, una mayor proporción de la población se adapta a las condiciones ambientales prevalecientes y a los cambios. El ambiente selecciona a los organismos mejor adaptados para la supervivencia. Observe que *la adaptación implica cambios en las poblaciones, más que en los organismos individuales*.

Darwin no sabía nada de ADN ni comprendía los mecanismos de la herencia. Los científicos ahora entienden que la mayoría de las variaciones entre los individuos son el resultado de las diferentes variedades de genes que codifican cada característica. La principal fuente de estas variaciones son **mutaciones** aleatorias, cambios químicos o físicos en el ADN que persisten y se pueden heredar. *Las mutaciones modifican los genes y con este proceso proporcionan la materia prima para la evolución.*

### Las poblaciones evolucionan como resultado de presiones selectivas de los cambios en su entorno

Todos los genes presentes en una población constituyen su **acervo genético**. En virtud de su acervo genético, una población es una reserva de variación genética. La selección natural actúa sobre los individuos de una población. La selección favorece a los individuos con genes de características específicas que les permitan responder eficazmente a las presiones ejercidas por el ambiente. Estos organismos tienen más probabilidades de sobrevivir y reproducirse. Mientras que los organismos exitosos transmiten su componente genético para su supervivencia, sus rasgos son ampliamente distribuidos en la población. Con el tiempo, conforme las poblaciones sigan cambiando (y conforme el ambiente mismo cambia, trayendo diferentes presiones selectivas), los miembros de la población se adaptan mejor a su entorno y se parecen menos a sus antepasados.

Conforme una población se adapta a las presiones ambientales y explora nuevas oportunidades para encontrar alimentos, manteniéndose segura, y evitando a los depredadores, la población se diversifica y las nuevas especies pueden evolucionar. Los mieleros hawaianos, un grupo de aves relacionadas, son un buen ejemplo. Cuando los antepasados de los mieleros hawaianos llegaron por primera vez, había algunas otras pocas aves presentes, así que había muy poca competencia. La variación genética entre los mieleros permitió a algunos mudarse a diferentes zonas de alimento, y con el tiempo, las especies con distintos tipos de picos evolucionaron

(FIGURA 1-13). Algunos mieleros ahora tienen picos largos y curvos, adaptados para alimentarse del néctar de las flores tubulares. Otros tienen picos cortos y gruesos para alimentarse de insectos, y otros se han adaptado para comer semillas.

### Repaso

- ¿Qué es el sistema de nomenclatura binominal?
- Los biólogos describen el árbol de la vida como un trabajo en progreso. ¿Por qué se necesita modificar este árbol?
- ¿Cómo puede explicar las afiladas garras y dientes de tigres en términos de selección natural?

## 1.7 EL PROCESO DE LA CIENCIA

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- 10 Diseñar una investigación para probar una hipótesis dada, utilizando el procedimiento y la terminología del método científico.
- 11 Comparar los métodos del reduccionismo y de los sistemas para la investigación biológica.

La biología es una ciencia. La palabra *ciencia* proviene del latín y significa "saber". La ciencia es una forma de pensar y un método para investigar el mundo natural de una manera sistemática. Se ponen a prueba las ideas, y con base en los resultados, se modifican o rechazan estas ideas. El **proceso de la ciencia** requiere investigación, es dinámico, y a menudo crea controversia. Las observaciones formuladas, el tipo de preguntas, y el diseño de experimentos dependen de la creatividad del propio científico. Sin embargo, la ciencia se ve influida por los contextos culturales, sociales, históricos y tecnológicos, así el proceso cambia con el tiempo.

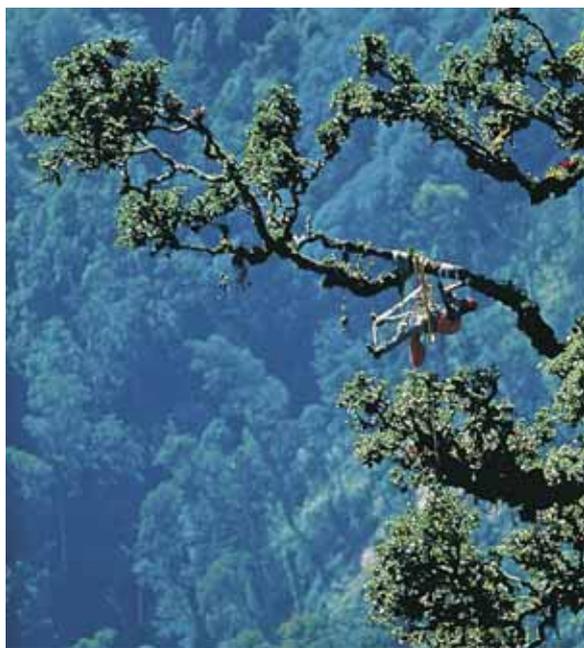
El **método científico** consiste en una serie de pasos ordenados. Utilizando el método científico, los científicos realizan observaciones cuidadosas, hacen preguntas importantes, y generan *hipótesis*, que son explicaciones tentativas. Usando sus hipótesis, los científicos hacen predicciones que pueden probarse mediante observaciones adicionales o por la realización de experimentos. Reúnen **datos**, la información que pueden analizar, utilizando con frecuencia computadoras y sofisticados métodos estadísticos. Interpretan los resultados de sus experimentos y

obtienen conclusiones a partir de éstos. Como se verá, los científicos plantean muchas hipótesis que no se pueden demostrar mediante el uso de todos los pasos del método científico de una manera estricta. Los científicos utilizan el método científico como un marco general o guía.

Los biólogos exploran todos los aspectos imaginables desde la vida de las estructuras de los virus y bacterias a las interacciones de las comunidades de nuestra biosfera. Algunos biólogos trabajan principalmente en los laboratorios, y otros hacen su trabajo en el campo (FIGURA 1-14). Quizá decida convertirse en un biólogo investigador y ayudar a desentrañar las complejidades del cerebro humano, descubrir nuevas hormonas que hagan florecer a las plantas, identificar nuevas especies de animales o bacterias, o desarrollar nuevas estrategias con células madre para tratar el cáncer, el SIDA, o enfermedades del corazón. Las aplicaciones de investigaciones básicas de biología han proporcionado la tecnología para trasplantar riñón, hígado, y corazón; manipular genes; tratar muchas enfermedades, y aumentar la producción alimentaria mundial. La biología ha sido una fuerza poderosa en proporcionar la calidad de vida que a la mayoría de nosotros nos gusta. Puede elegir entrar en un campo aplicado de la biología, como la ciencia ambiental, odontología, medicina, farmacología o medicina veterinaria. Muchas carreras interesantes en ciencias biológicas se analizan en la sección de carreras en nuestro sitio Web.

## La ciencia requiere de procesos de pensamiento sistemáticos

La ciencia es sistemática. Los científicos suelen organizar y con frecuencia cuantifican el conocimiento, haciéndolo realmente accesible a todos los que desean basarse en sus fundamentos. De esta manera, la ciencia es tanto un esfuerzo personal como social. La ciencia no es un misterio. Cualquiera que entienda sus reglas y procedimientos puede asumir sus retos. Lo que distingue a la ciencia es su insistencia en métodos riguro-



**FIGURA 1-14** El trabajo del biólogo

El estudio biológico del dosel del bosque tropical en Costa Rica es parte de un esfuerzo internacional para estudiar y conservar las selvas tropicales. Los investigadores estudian las interacciones de los organismos y los efectos de las actividades humanas sobre los bosques tropicales.

sos para examinar un problema. La ciencia busca dar un conocimiento preciso acerca del mundo natural, lo sobrenatural no es accesible a los métodos científicos de investigación. La ciencia no es un sustituto de la filosofía, la religión o el arte. Ser un científico no impide participar en otros campos del quehacer humano, así como ser un artista no impide que uno practique la ciencia.

## El razonamiento deductivo comienza con los principios generales

Los científicos utilizan dos tipos de procesos de pensamiento sistemático: deducción e inducción. En el **razonamiento deductivo**, se provee de información en forma de *premisas*, y se generan conclusiones con base en esa información. La deducción obtiene a partir de principios generales, conclusiones específicas. Por ejemplo, si se acepta la premisa de que todos los pájaros tienen alas y la segunda premisa que los gorriones son aves, se puede concluir deductivamente que los gorriones tienen alas. La deducción nos ayuda a descubrir las relaciones entre los hechos conocidos. Un **hecho** es información o conocimiento basado en la evidencia.

## El razonamiento inductivo inicia con observaciones específicas

El **razonamiento inductivo** es lo opuesto a la deducción. Se comienza con observaciones específicas y se da una conclusión o se descubre un principio general. Por ejemplo, se sabe que los gorriones tienen alas, pueden volar, y son aves. También se sabe que los petirrojos, las águilas, las palomas y los halcones tienen alas, pueden volar, y son aves. Se podría inducir que todos los pájaros tienen alas y vuelan. De este modo, se puede utilizar el método inductivo para organizar los datos en bruto en categorías manejables y responder a esta pregunta: ¿Qué tienen todos estos hechos en común?

Una debilidad del razonamiento inductivo es que en las conclusiones se generalizan los hechos de todos los ejemplos posibles. Cuando se formula el principio general, se parte de muchos ejemplos observados a todos los ejemplos posibles. Esto se conoce como un *salto inductivo*. Sin él, no podríamos llegar a generalizaciones. Sin embargo, debemos ser sensibles a las excepciones y la posibilidad de que la conclusión no sea válida. Por ejemplo, el pájaro kiwi de Nueva Zelanda *no* tiene alas funcionales (FIGURA 1-15). No podemos nunca demostrar de manera concluyente una generalización universal. Las generalizaciones en las conclusiones inductivas proceden de la visión creativa de la mente humana, y la creatividad, por admirable que sea, no es infalible.

## Los científicos hacen observaciones cuidadosas y preguntas críticas

En 1928, el bacteriólogo británico Alexander Fleming observó que un moho azul había invadido uno de sus cultivos bacterianos. Casi lo descartó, pero luego se dio cuenta de que el área contaminada por el moho estaba rodeado por una zona donde las colonias de bacterias no crecían bien. Estas bacterias eran organismos del género *Staphylococcus* que pueden causar infecciones de la piel y furúnculos. ¡Todo lo que podía eliminarlas era interesante! Fleming conservó el moho, una variedad de *Penicillium* (moho azul del pan), y aisló el antibiótico penicilina a partir de éste. Sin embargo, tuvo dificultad para cultivarlo.

Aunque Fleming reconoció el beneficio potencial práctico de la penicilina, no generó las técnicas químicas necesarias para purificarla, y pasaron más de diez años antes de que el medicamento tuviera un uso significativo.

En 1939, sir Howard Florey y Ernst Boris Chain desarrollaron procedimientos químicos para extraer y producir el agente activo del moho



C. Dany/Peter Arnold

### FIGURA 1-15 ¿Este animal es un ave?

El pájaro kiwi de Nueva Zelanda tiene aproximadamente el tamaño de una gallina. Sus diminutas alas de 2 pulgadas no le sirven para volar. Sobreviviente de una orden muy antigua de aves, el kiwi presenta plumas erizadas, similares a pelos y otras características que lo califican como un ave.

de la penicilina. Florey llevó el proceso a los laboratorios en los Estados Unidos, y la penicilina se produjo por primera vez para tratar a soldados heridos en la Segunda Guerra Mundial. En reconocimiento a su trabajo, Fleming, Florey y Chain compartieron el Premio Nobel de Fisiología o Medicina en 1945.

### La oportunidad con frecuencia desempeña un papel en el descubrimiento científico

Fleming no se propuso descubrir la penicilina. Él se benefició del crecimiento oportuno de un moho en una de sus placas de cultivo. Sin embargo, podemos preguntarnos cuántas veces el mismo tipo de moho creció en los cultivos de otros bacteriólogos los cuales no pudieron hacer la conexión y simplemente se deshicieron de sus cultivos contaminados. Fleming se benefició de la casualidad, pero su mente estaba preparada para hacer observaciones y formular preguntas críticas, y su pluma estaba lista para su publicación. Los descubrimientos importantes se hacen de manera general por aquellos que tienen el hábito de observar críticamente la naturaleza y reconocer un fenómeno o un problema. Por supuesto que también debe estar disponible la tecnología necesaria para investigar el problema.

### Una hipótesis es una afirmación comprobable

Los científicos hacen observaciones cuidadosas, hacen preguntas críticas y formulan hipótesis. Una **hipótesis** es una explicación tentativa de las observaciones o fenómenos. Las hipótesis se pueden plantear como declaraciones "si ... entonces ...". Por ejemplo, *si los estudiantes que están tomando introducción a la biología asisten a la clase, entonces van a tener una calificación mayor en el examen que los estudiantes que no asisten a clases.*

En las primeras etapas de una investigación, un científico por lo general piensa en muchas hipótesis posibles. Una buena hipótesis presenta las siguientes características: (1) es razonablemente coherente con hechos bien establecidos. (2) Se puede probar, es decir, debe generar predicciones definidas, si los resultados son positivos o negativos. Los resultados de la prueba también deben ser reproducibles por observadores independientes. (3) Es refutable, lo que significa que se puede demostrar que es falsa, como se analiza en la siguiente sección.

Después de la generación de hipótesis, el científico decide cuál, en su caso, podría y debería ser sometida a una prueba experimental. ¿Por qué no probar todas? El tiempo y el dinero son consideraciones importantes en la realización de las investigaciones. Los científicos deben establecer prioridades entre las hipótesis para decidir cuál probar primero.

### Una hipótesis refutable se puede probar

En ciencia, se puede probar una hipótesis bien establecida. Si no se encuentran evidencias que la soporten, la hipótesis se rechaza. Se puede demostrar que la hipótesis es falsa. Incluso los resultados que no apoyan la hipótesis pueden ser valiosos y pueden dar lugar a nuevas hipótesis. Si los resultados apoyan la hipótesis, un científico los puede utilizar para generar hipótesis relacionadas.

Se va a considerar una hipótesis que se puede poner a prueba mediante la observación cuidadosa: los mamíferos hembras (animales que tienen pelo y producen leche para sus crías) tienen crías vivas. La hipótesis se basa en las observaciones de que los perros, gatos, vacas, leones, y los seres humanos todos son mamíferos y todos tienen crías vivas. Considere, además, que una nueva especie, la especie X, se identifica como un mamífero con base en que tiene pelo y produce leche para sus crías. Los biólogos predicen que las hembras de las especies X tendrían crías vivas. (¿Es este un razonamiento inductivo o deductivo?) Si una hembra de la nueva especie da a luz a crías vivas, la hipótesis es apoyada.

Antes de que se explorara el hemisferio sur, la mayoría de la gente probablemente habría aceptado la hipótesis, sin duda, porque todo animal peludo conocido, producía leche, de hecho, dan crías vivas. Sin embargo, los biólogos descubrieron que dos animales australianos (el ornitorrinco y el oso hormiguero espinoso) tienen pelo y producen leche para sus crías, pero ponen huevos (FIGURA 1-16). La hipótesis, como se estableció, era falsa, sin importar cuántas veces se había soportado. Como resultado, los biólogos o bien tenían que considerar al ornitorrinco y al oso hormiguero espinoso como no mamíferos o tenían que ampliar su definición de mamíferos para poder incluirlos. (Optaron por lo segundo).

Una hipótesis no es cierta sólo porque algunas de sus predicciones (que algunas personas han pensado o que han podido comprobar) se



Tom McHugh/Photo Researchers, Inc.

### FIGURA 1-16 ¿Este animal es un mamífero?

El ornitorrinco (*Ornithorhynchus anatinus*) está clasificado como un mamífero porque tiene pelo y produce leche para sus crías. Sin embargo, a diferencia de la mayoría de los mamíferos, pone huevos.

han demostrado. Después de todo, podrían ser verdaderas por casualidad. De hecho, una hipótesis puede ser apoyada por los datos, pero que no se puede *probar* que en realidad es verdadera.

Una **hipótesis irrefutable** no se puede probar que sea falsa, de hecho, no se puede investigar científicamente. La creencia en una hipótesis irrefutable, como la existencia de duendes invisibles e indetectables, debe racionalizarse en otros campos distintos de los científicos.

### Los modelos son importantes en el desarrollo y en la prueba de hipótesis

Las hipótesis tienen muchas fuentes potenciales, incluidas las observaciones directas o incluso simulaciones por computadora. Cada vez más en la biología, las hipótesis se pueden derivar de los **modelos** que los científicos han desarrollado para proporcionar una explicación detallada de un gran número de observaciones. Ejemplos de estos modelos comprobables incluyen el modelo de la estructura del ADN y del modelo de la estructura de la membrana plasmática (analizado en el capítulo 5).

El mejor diseño para un experimento a veces se puede establecer mediante la realización de simulaciones en computadora. Las pruebas virtuales y la evaluación se efectúan antes de que el experimento se realice en el laboratorio o en el campo. El modelado y la simulación por computadora ahorran tiempo y dinero.

### Muchas predicciones se pueden probar por experimentación

Una hipótesis es una idea abstracta, pero con base en ella, los científicos pueden hacer predicciones que se pueden probar. Por ejemplo, podríamos predecir que los estudiantes de biología que estudian durante diez horas harán un mejor examen que los estudiantes que no estudian. Tal como se utiliza aquí, una **predicción** es una consecuencia deductiva, y lógica de una hipótesis. No tiene por qué ser un evento futuro.

Algunas predicciones se pueden probar por medio de experimentos controlados. Los primeros biólogos observaron que el núcleo era la parte más prominente de la célula, e hipotetizaron que las células se verían afectadas negativamente si perdían sus núcleos. Los biólogos predijeron que si el núcleo se eliminaba de la célula, por consiguiente ésta moriría. Entonces experimentaron la extirpación quirúrgica del núcleo de una ameba unicelular. La ameba continuó viva y moviéndose, pero no crecía, y después de unos días murió. Estos resultados sugieren que el núcleo es necesario para los procesos metabólicos que proporcionan el crecimiento y la reproducción celular.

Sin embargo, los investigadores se preguntaron, ¿qué pasa si la operación en sí, y no la pérdida del núcleo, causó la muerte de la ameba? Realizaron un experimento controlado, sometiendo a dos grupos de amebas al mismo trauma microquirúrgico (**FIGURA 1-17**). En el grupo experimental, el núcleo se retiró; y en el grupo de control no. Idealmente, un **grupo experimental** difiere de un grupo de control sólo con respecto a la variable en estudio. En el **grupo de control**, el investigador insertaba un microlazo en cada ameba y lo empujaba hacia el interior de la célula para simular la eliminación del núcleo, después retiraba el instrumento, dejando el núcleo dentro.

Las amebas tratadas con esta operación ficticia se recuperaron y después crecieron y se dividieron. Este experimento demostró que era la eliminación del núcleo lo que causaba la muerte de las amebas, no simplemente la operación.

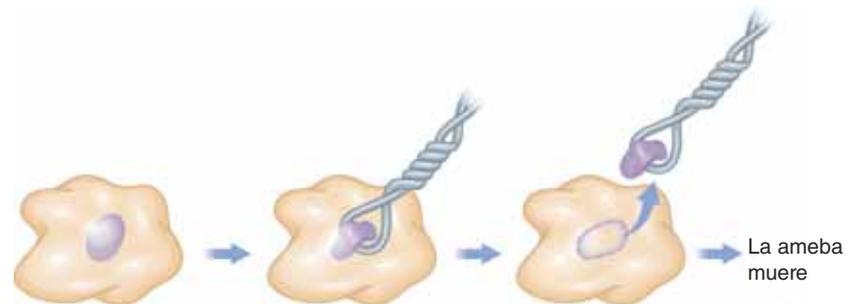
La conclusión es que las amebas no pueden vivir sin su núcleo. Los resultados apoyan la hipótesis de que si las células pierden su núcleo, se

## EXPERIMENTO CLAVE

**PREGUNTAR EN FORMA CRÍTICA:** ¿Por qué el núcleo es tan grande? ¿Cuál es su importancia?

**FORMULAR UNA HIPÓTESIS:** Las células se verán afectadas negativamente si pierden su núcleo.

**REALIZAR UN EXPERIMENTO:** Usando un microlazo, los investigadores quitaron el núcleo de cada ameba en el grupo experimental. Las amebas en el grupo de control se sometieron al mismo procedimiento quirúrgico, pero no se eliminó su núcleo.



(a) **Grupo experimental.** Cuando el núcleo se extrae quirúrgicamente con un microlazo, la ameba muere.



(b) **Grupo de control.** Una ameba de control sometida a un procedimiento quirúrgico similar (incluyendo la inserción de un microlazo), pero sin la eliminación del núcleo, no muere.

**RESULTADOS:** Las amebas sin núcleo murieron. Las amebas en el grupo de control vivieron.

**CONCLUSIÓN:** Las amebas no pueden vivir sin sus núcleos. La hipótesis tiene fundamento.

### FIGURA 1-17 Prueba de una predicción respecto a la importancia del núcleo

Los científicos observaron que el núcleo era la parte más prominente de la célula. Se hicieron preguntas críticas acerca de su observación y se desarrolló la hipótesis de que las células se verían afectadas negativamente si perdían sus núcleos. Con base en sus hipótesis, hacen una predicción que se podrá probar: si se extrae el núcleo de una ameba, ésta morirá. Entonces los investigadores realizaron experimentos para probar esta predicción. Los investigadores estudiaron los resultados y concluyeron que su hipótesis estaba fundamentada.

ven afectadas negativamente. Se puede concluir que el núcleo es esencial para la supervivencia de la célula.

## Los investigadores deben evitar el sesgo

En estudios científicos, los investigadores deben hacer todo lo posible para evitar prejuicios o ideas preconcebidas de lo que debería suceder. Por ejemplo, para evitar el sesgo, actualmente, la mayoría de los experimentos médicos son del tipo de doble ciego. Cuando se prueba un fármaco, un grupo de pacientes recibe la medicación nueva, y un grupo de control de pacientes marcados reciben un placebo (una pastilla o píldora de almidón inofensiva similar en tamaño, forma, color y sabor a la que se está probando). El estudio *doble ciego*, es llamado así debido a que ni el paciente ni el médico saben quién está recibiendo el medicamento experimental y quién está recibiendo el placebo. Las píldoras o tratamientos están codificadas de alguna manera, y el código sólo se rompe después de que el experimento y los resultados se registran. No todos los experimentos pueden ser tan bien diseñados, por ejemplo, con frecuencia es difícil establecer controles apropiados.

## Los científicos interpretan los resultados de los experimentos y obtienen conclusiones

Los científicos reúnen los datos de un experimento, interpretan sus resultados, y a continuación, obtienen sus conclusiones a partir de ellos. En el experimento de la ameba descrito anteriormente, los investigadores concluyeron que los datos apoyaban la hipótesis de que el núcleo es esencial para la supervivencia de la célula. Cuando los resultados apoyan la hipótesis, los científicos pueden utilizarlos para generar hipótesis relacionadas. Incluso los resultados que no apoyan la hipótesis pueden ser valiosos y pueden dar lugar a nuevas hipótesis.

Análisis de otro experimento. Equipos de investigadores que estudian las poblaciones de chimpancés en África han informado que dichos animales parecen aprender maneras específicas de utilizar herramientas a partir del ejemplo de otros. El comportamiento que se aprende de los demás en una población y se pasa a las generaciones futuras es lo que se llama “cultura”. En el pasado, la mayoría de los biólogos pensaban que la cultura sólo ocurría en los seres humanos. Ha sido difícil probar este tipo de aprendizaje en la naturaleza, y la idea ha sido motivo de controversia.

Los biólogos se han hecho preguntas críticas acerca de si los chimpancés aprendieron a utilizar las herramientas mediante la observación de uno al otro. Los investigadores del Yerkes National Primate Research Center en Atlanta, formularon la hipótesis de que los chimpancés pueden aprender determinadas formas de utilizar las herramientas mediante la observación de otros chimpancés. Predijeron que si un chimpancé enseña a otro a usar un palo para obtener alimentos de un dispensador, otros chimpancés también aprenderían la técnica (FIGURA 1-18). Estos investigadores dividieron a los chimpancés en dos grupos experimentales con 16 en cada grupo. Entonces le enseñaron a una hembra de alto rango en cada grupo a usar un palo para obtener alimentos de un dispensador. A los dos chimpancés se les enseñó diferentes métodos. A un chimpancé se le enseñó a meter el palo en el interior del dispositivo para liberar los alimentos. Al otro se le enseñó a utilizar el palo para levantar un gancho que elimina un bloqueo, permitiendo que los alimentos cayeran fuera del dispositivo.

Un tercer grupo sirvió como grupo de control. A los chimpancés de este grupo se les dio acceso a los palos y al aparato con los alimentos en su interior, pero a ninguno se le enseñó cómo usar los palos. Todos los chimpancés del grupo de control tocaron el aparato con el palo, pero ninguno tuvo éxito en la liberación de los alimentos.

Cuando los chimpancés fueron devueltos a sus grupos, otros chimpancés observaron cómo los chimpancés que habían recibido instruc-

ción utilizaban el palo, y una gran mayoría comenzó a utilizar los palos de la misma manera. Los chimpancés en cada grupo aprendieron el estilo específico del uso del palo que a su chimpancé instruida le habían enseñado. La mayoría utilizaron el palo para obtener alimento por lo menos 10 veces. Dos meses después, el aparato dispensador se volvió a introducir en el ambiente de los chimpancés. Una vez más, la mayoría de los chimpancés utilizaron la técnica aprendida para la obtención de los alimentos. Los resultados del experimento apoyan la hipótesis. Los investigadores concluyeron que los chimpancés son capaces de transmitir la tecnología aprendida culturalmente.

## El error de muestreo puede llevar a conclusiones inexactas

Una de las razones para llegar a conclusiones inexactas es el *error de muestreo*. Debido a que no *todos* los casos que se estudian se pueden observar o probar (los científicos no pueden estudiar todas las amebas o cada población de chimpancés), los científicos tienen que contentarse con una muestra. ¿Cómo pueden los científicos saber si la muestra que están estudiando es verdaderamente representativa? Si la muestra es demasiado pequeña, puede no ser representativa debido a factores aleatorios. Un estudio con sólo dos, o incluso nueve, amebas pueden no dar datos fiables que se puedan generalizar a otras amebas. Si los investigadores prueban con un gran número de sujetos, es más probable que se obtengan conclusiones científicas precisas (FIGURA 1-19). El científico busca afirmar con cierto nivel de confianza que una determinada conclusión tiene una cierta probabilidad estadística de ser correcta.

## Los experimentos deben ser reproducibles

Cuando los investigadores publican sus hallazgos en una revista científica, por lo general describen sus métodos y procedimientos con suficiente detalle para que otros científicos puedan repetir los experimentos. Cuando los resultados se replican, las conclusiones son, por supuesto, fortalecidas.

## Una teoría se apoya con la prueba de hipótesis

En ambientes no científicos con frecuencia se utiliza la palabra *teoría* incorrectamente para referirse a una hipótesis o incluso una idea indemostrable que quieren promover. Una **teoría científica** es en realidad una explicación integrada de algún aspecto del mundo natural que se basa en una serie de hipótesis, cada una apoyada por resultados consistentes de muchas observaciones o experimentos. Una teoría científica se relaciona con los datos que anteriormente parecían no relacionados. Una buena teoría crece, sobre la base de datos adicionales que se van conociendo. Se predicen nuevos hechos y sugieren nuevas relaciones entre los fenómenos. Incluso puede sugerir aplicaciones prácticas.

Una teoría científica, al demostrar las relaciones entre diferentes hechos, simplifica y clarifica la comprensión del mundo natural. Como Einstein escribió: “En toda la historia de la ciencia, desde la filosofía griega hasta la física moderna, se han producido constantes intentos de reducir la aparente complejidad de los fenómenos naturales a ideas y relaciones simples y fundamentales”. El desarrollo de las teorías científicas es sin duda un objetivo importante de la ciencia.

## Muchas hipótesis no pueden ser probadas con experimentación directa

Algunas teorías aceptadas no se prestan a pruebas de hipótesis con experimentos comunes. Con frecuencia, estas teorías describen los eventos que ocurrieron en el pasado distante. No se puede observar directamente

## EXPERIMENTO CLAVE

**PREGUNTAR EN FORMA CRÍTICA:** ¿Los chimpancés aprenden cómo utilizar las herramientas mediante la observación de uno al otro?

**FORMULAR UNA HIPÓTESIS:** Los chimpancés pueden aprender maneras particulares de utilizar herramientas mediante la observación de otros chimpancés.

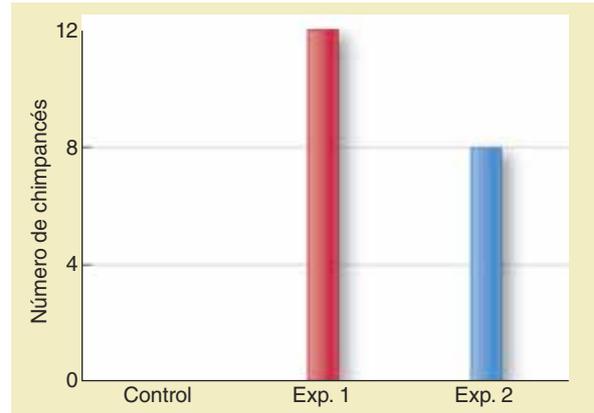
**REALIZAR UN EXPERIMENTO:** Una hembra en cada uno de dos grupos de 16 chimpancés fue instruida de una forma específica para obtener alimentos mediante el uso de un palo. Las dos chimpancés instruidas fueron devueltas a sus respectivos grupos. A los chimpancés en el grupo de control no se les enseñó cómo usar el palo.



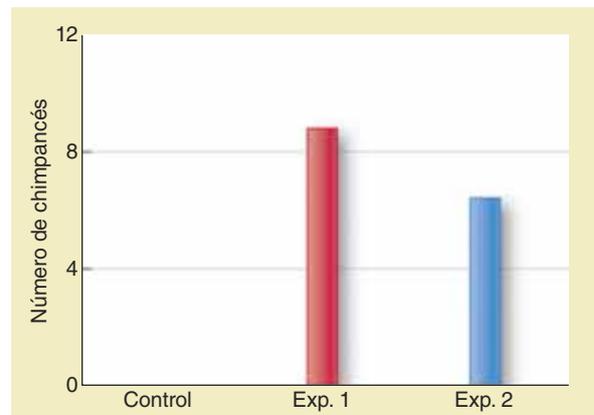
© David Bygott

**RESULTADOS:** Los chimpancés en cada grupo experimental observaron el uso del palo por la chimpancé instruida, y la mayoría comenzó a utilizar el palo de la misma manera. Cuando se realizó una prueba dos meses más tarde, muchos de los chimpancés en cada grupo seguían utilizando el palo. *Los resultados que aquí se presentan se han simplificado y se basan en el número de chimpancés que se observaron utilizando el método aprendido al menos 10 veces.* Todos menos uno en cada grupo de chimpancés aprendieron la tecnología, pero unos cuantos lo utilizaron sólo unas pocas veces. Algunos chimpancés aprendieron ellos mismos algún método alternativo y lo utilizaban. Sin embargo, el grupo más conformista usaba el método que el investigador enseñó a la chimpancé instruida.

**CONCLUSIÓN:** Los chimpancés aprenden formas especiales para la utilización de herramientas mediante la observación de otros chimpancés. La hipótesis es sustentada.



(a) Número de chimpancés que emplearon con éxito el método específico para utilizar la herramienta.



(b) Número de chimpancés que emplearon con éxito el método aprendido para el uso de la herramienta, dos meses más tarde.

### FIGURA 1-18 Comprobación de una predicción acerca del aprendizaje en las poblaciones de chimpancés

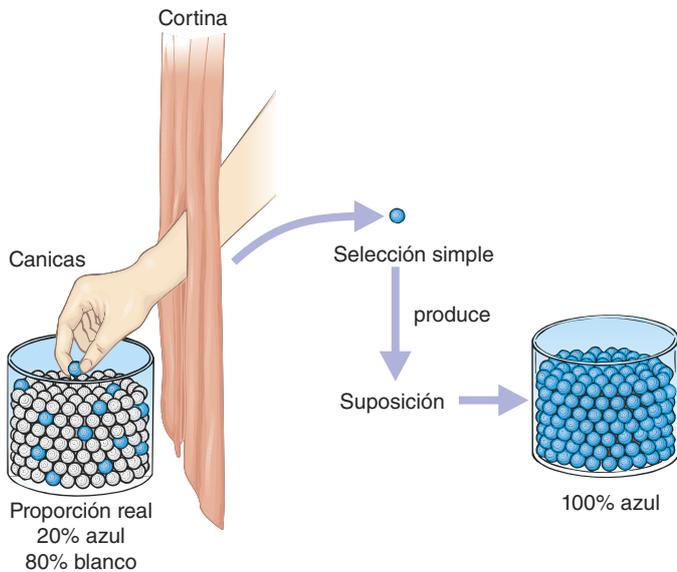
En la foto, se muestra un grupo de chimpancés salvajes que observa a uno de sus miembros utilizando una herramienta.

el origen del universo desde un estado muy caliente y denso hace aproximadamente 13.7 miles de millones de años (la teoría del Big Bang). Sin embargo, los físicos y los cosmólogos han podido formular muchas hipótesis relacionadas con el Big Bang y probar muchas de las predicciones derivadas de estas hipótesis.

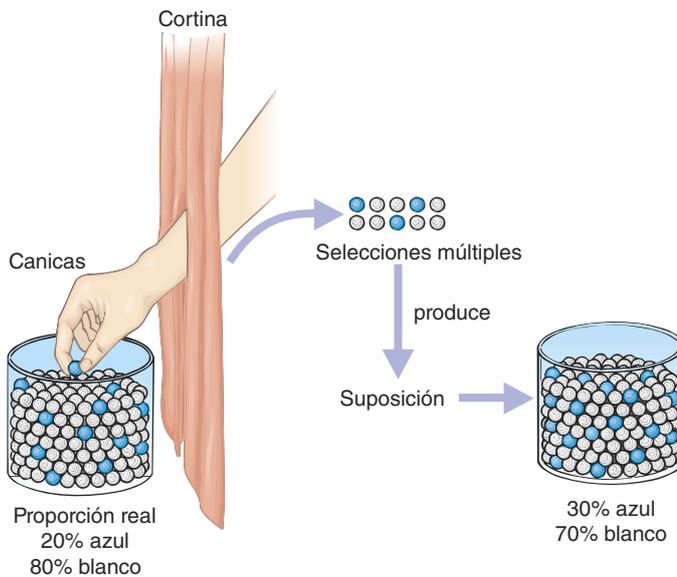
Del mismo modo, los seres humanos no observan la evolución de los principales grupos de organismos, ya que el proceso se llevó a cabo durante millones de años y se produjo antes que los humanos hubieran evolucionado. Sin embargo, se han planteado muchas hipótesis acerca de la evolución, y las predicciones con base en ellas se han probado. Por

ejemplo, si los organismos complejos evolucionaron de formas de vida más simples, nos encontraríamos con los fósiles de los organismos más simples en los estratos más antiguos (las capas de roca). A medida que exploremos los estratos más recientes, podemos esperar encontrar a los organismos cada vez más complejos. De hecho, los científicos han encontrado esta progresión de fósiles simples a complejos.

Además de los fósiles, la evidencia de la evolución proviene de muchas fuentes, incluyendo las similitudes físicas y moleculares entre los organismos. La evidencia también proviene de estudios recientes y actuales de la evolución en acción. Muchos aspectos de la evolución



(a) Realizar una selección simple puede dar como resultado un error de muestreo. Si la canica seleccionada es azul, se podría suponer que todas las canicas son de color azul.



(b) Cuanto mayor sea el número de selecciones que se realizan de algo desconocido, es más probable que se puedan hacer suposiciones válidas al respecto.

### FIGURA 1-19 Probabilidad estadística

actual pueden, de hecho, ser estudiados en laboratorio o en campo. La evidencia de la evolución es tan convincente que casi todos los científicos aceptan hoy la teoría evolutiva como una parte integral de la biología.

## Los cambios de paradigma permiten nuevos descubrimientos

Un **paradigma** es un conjunto de suposiciones o conceptos que constituyen una forma de pensar acerca de la realidad. Por ejemplo, desde la época de Aristóteles hasta el siglo XIX, los biólogos pensaban que los organismos eran ya sea plantas (reino Plantae) o animales (reino Animalia). Este concepto estaba profundamente arraigado. Sin embargo, con el perfeccionamiento de los microscopios, los investigadores descubrieron

formas de vida diminutas, bacterias y protistas, que no eran ni plantas ni animales. Los biólogos tuvieron que hacer un **cambio de paradigma**, es decir, cambiaron su visión de la realidad, para dar cabida a este nuevo conocimiento. Se asignaron estos organismos recién descubiertos a nuevos reinos. En un cambio de paradigma más reciente, los biólogos han revisado su idea de que se nace con todas las células del cerebro que siempre se tendrán. Ahora se sabe que ciertas áreas del cerebro continúan produciendo nuevas neuronas durante toda la vida.

## La biología sistémica integra diferentes niveles de información

En el método *reduccionista* de la biología, los investigadores estudian los componentes más simples de los procesos biológicos. Su objetivo es sintetizar el conocimiento de muchas partes pequeñas para entender el todo. El reduccionismo ha sido (y sigue siendo) importante en la investigación biológica. Sin embargo, como los biólogos y sus herramientas se han vuelto cada vez más sofisticados, se han generado grandes cantidades de datos, llevando a la ciencia de la biología a un nivel diferente.

La **biología de sistemas** o biología sistémica es un campo de la biología que se construye con la información proporcionada con el método reduccionista y crea grandes conjuntos de datos, normalmente generados por computadora. La biología de sistemas también se conoce como la *biología integrativa*. El reduccionismo y la biología de sistemas son métodos complementarios. Usando el reduccionismo, los biólogos han descubierto información básica acerca de los componentes de los seres vivos, tales como moléculas, genes, células y órganos. Los biólogos de sistemas, que se centran en sistemas como un todo más que en componentes individuales, necesitan de este conocimiento básico para estudiar, por ejemplo, las *interacciones* entre las diversas partes y niveles de un organismo.

Los biólogos de sistemas integran los datos de los distintos niveles de complejidad con el objetivo de comprender todo el panorama —cómo funcionan los sistemas biológicos—. Por ejemplo, los biólogos de sistemas están creando modelos de los diferentes aspectos de la función celular. La función celular normal depende de las acciones precisas de cientos de proteínas que transmiten señales recibidas de otras células. Las proteínas también transmiten señales desde una parte de la célula a otra. Los investigadores están produciendo mapas detallados de las vías moleculares que mantienen la función de las células (**FIGURA 1-20**).

Un grupo de investigadores ha diseñado un modelo que consta de casi 8000 señales químicas implicadas en una red molecular que conduce a la muerte celular programada. Al entender la comunicación celular, las interacciones de los genes y las proteínas en las vías metabólicas y en los procesos fisiológicos, los biólogos de sistemas esperan lograr con el tiempo un modelo de todo el organismo. La biología de sistemas se utiliza cada vez más para estudiar los procesos de enfermedad. Por ejemplo, se pueden mapear las interacciones entre un patógeno y la célula huésped.

El desarrollo de la biología de sistemas se vio impulsado por la enorme cantidad de datos generados por el Proyecto Genoma Humano. Los investigadores que trabajan en este proyecto identificaron las secuencias de ADN que conforman los aproximadamente 25,000 genes del *genoma humano*, el conjunto completo de genes que componen el material genético humano. Con los programas de computadora elaborados para el Proyecto Genoma Humano se pueden analizar conjuntos de datos muy grandes. Estos programas se están utilizando para integrar los datos sobre las interacciones de proteínas y muchos otros aspectos de la biología molecular. Los biólogos de sistemas ven la biología en términos de sistemas de información. Cada vez más dependen de los principios matemáticos, estadísticos y de ingeniería.



Hawoong Jeong, University of Notre Dame/Science Photo Library

**FIGURA 1-20** Mapa que muestra las interacciones proteicas en una célula de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)

Cada punto representa una proteína en este hongo unicelular. Las líneas conectan las proteínas que interactúan entre sí. Las proteínas muy conectadas son más críticas para el funcionamiento celular. Muchas de estas interacciones también se han identificado en células humanas. Se retiraron proteínas específicas para eliminar los genes que codifican su producción. Las proteínas se han codificado con colores de acuerdo con el efecto que tiene su eliminación en la célula de levadura: *rojo*, letal; *verde*, no es letal; *naranja*, crecimiento más lento; *amarillo*, efectos desconocidos.

## La ciencia tiene dimensiones éticas

La investigación científica depende de un compromiso con los ideales prácticos, tales como la veracidad y la obligación de comunicar los resultados. La honestidad es particularmente importante en la ciencia. Considere el gran (aunque temporal) daño hecho cada vez que un investigador sin escrúpulos o incluso desesperado, cuya carrera puede depender de la publicación de un estudio de investigación, propaga a sabiendas, datos falsos. Hasta que se descubre el engaño, los investigadores pueden dedicar miles de dólares y de horas de mano de trabajo profesional a líneas de investigación inútiles inspirados por publicaciones erróneas. El engaño también puede ser peligroso, sobre todo en la investigación médica. Afortunadamente, la ciencia tiende a corregirse a través del uso consistente del proceso científico. Tarde o temprano, es casi seguro que los resultados experimentales pongan en duda los datos falsos.

La ciencia y la tecnología interactúan continuamente. Conforme los científicos que hacen investigación básica reportan nuevos hallazgos, los ingenieros y otros inventores crean nuevos productos. Muchos de esos

productos contribuyen a nuestra calidad de vida. La nueva tecnología también proporciona a los científicos herramientas más poderosas para su investigación y aumenta el potencial de nuevos descubrimientos. Por ejemplo, hace unos pocos años para determinar el genoma de cualquier eucarionte se necesitaban varias salas llenas de máquinas que podrían secuenciar los genes. Este esfuerzo también cuesta millones de dólares. Las nuevas tecnologías han revolucionado la secuenciación de genes, lo que permite que se determinen con rapidez a genomas complejos, con menos equipo, y a un costo mucho menor. Hay planes en marcha para determinar los genomas de 10,000 vertebrados.

La ciencia y la tecnología continuarán cambiando la sociedad y estos cambios plantean nuevos retos. Además de ser éticos con su propio trabajo, los científicos se enfrentan a muchos problemas sociales y políticos que rodean áreas como la investigación genética, la investigación con células madre, la clonación y la experimentación humana y animal. Por ejemplo, algunas células madre que muestran un gran potencial para el tratamiento de enfermedades humanas provienen de embriones tempranos. Las células se pueden tomar de embriones humanos de cinco o seis días de edad y después cultivarlas en el laboratorio. En esta etapa, el embrión es un grupo de células de aproximadamente 0.15 mm de largo (0.006 pulgadas). Estas células se podrían desarrollar para tratar fallas del corazón o del cerebro dañado por un accidente vascular cerebral, lesión, enfermedad de Parkinson o enfermedad de Alzheimer. Se podría salvar las vidas de las víctimas de quemaduras y quizá ser controladas para tratar cánceres específicos. Los científicos y la sociedad en general tendrán que determinar si los beneficios potenciales de cualquier tipo de investigación son mayores que sus riesgos éticos.

La era del genoma trae consigo muchos problemas éticos y responsabilidades. ¿Cómo se protegerá la confidencialidad de la información genética? Por ejemplo, supongamos que usted tiene un historial familiar de cáncer de mama y aprende de las pruebas genéticas que tiene una de las mutaciones BRCA. Estas mutaciones aumentan el riesgo de desarrollar cáncer de mama y otros tipos de cáncer. ¿Cómo puede usted estar seguro de que el conocimiento de su código genético individual no sería usado en su contra cuando busque empleo o contrate un seguro de salud? Los científicos deben ser éticamente responsables y deben ayudar a educar a la gente sobre su trabajo, incluyendo sus beneficios en relación con sus riesgos. Es significativo que muy al principio del Proyecto Genoma Humano, parte de su presupuesto se destinó a investigación de las implicaciones éticas jurídicas y sociales de sus descubrimientos.

## Repaso

- ¿Cuáles son las características de una buena hipótesis?
- ¿Qué se entiende por un experimento “controlado”?
- ¿Qué es la biología de sistemas?

## RESUMEN: ENFOQUE EN LOS OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

### 1.1 (página 2)

- 1 Describir tres temas básicos de la biología.
  - Tres temas básicos de la biología son la evolución, la transferencia de información y la transferencia de energía. El proceso de la **evolución** da por resultado poblaciones que cambian con el tiempo y explica cómo los ancestros de los organismos se relacionan con las primeras formas de vida. La información se debe transmitir dentro de las células, entre células, entre organismos, y de una generación a la siguiente. La vida requiere una entrada continua de la energía del Sol.

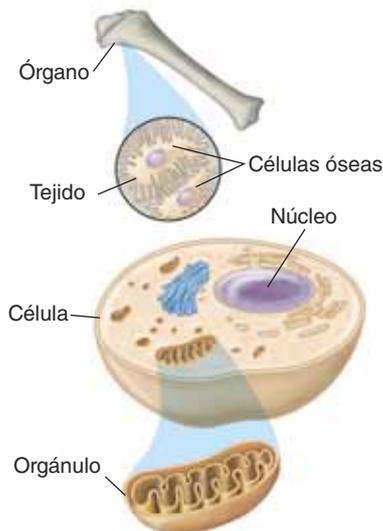
### 1.2 (página 2)

- 2 Distinguir entre seres vivos y no vivos mediante la descripción de los rasgos que caracterizan a los organismos vivos.
  - Cada organismo vivo está compuesto de una o más **células**. Los seres vivos crecen al aumentar el tamaño y (o) número de sus células.
  - El **metabolismo** incluye todas las actividades químicas que tienen lugar en el organismo, incluyendo las reacciones químicas esenciales para la nutrición, crecimiento y reparación, y la conversión de la energía en formas utilizables. La **homeostasis** se refiere a lo apropiado, a un ambiente interno equilibrado.

- Los organismos responden a **estímulos**, los cambios físicos o químicos, en su ambiente externo o interno. Normalmente la respuesta incluye movimiento.
- En la **reproducción asexual**, los descendientes son típicamente idénticos al progenitor, excepto por el tamaño; en la **reproducción sexual**, las crías son el producto de la fusión de los gametos, y sus genes por lo general son aportados por los dos padres.
- Conforme las poblaciones evolucionan, se adaptan a su entorno. Las **adaptaciones** son características que aumentan la capacidad de un organismo para sobrevivir en su ambiente.

### 1.3 (página 5)

- Construir una jerarquía de organización biológica, incluidos los niveles característicos de los organismos individuales y los niveles característicos de los sistemas ecológicos.
  - La organización biológica es jerárquica. Un organismo complejo se organiza en su química, célula, **tejido**, **órgano**, **sistema de órganos**, y los niveles del **organismo**. Las células se asocian para formar los tejidos que realizan funciones específicas. En la mayoría de los organismos multicelulares, los tejidos se organizan para formar estructuras funcionales, llamadas órganos. Un grupo organizado de tejidos y órganos forman un sistema de órganos. Funcionando en conjunto, los sistemas de órganos constituyen un organismo complejo, multicelular.



- La unidad básica de la organización ecológica es la **población**. Varias poblaciones forman **comunidades**, una comunidad y su entorno físico conforman un **ecosistema**, todos los ecosistemas de la Tierra juntos constituyen la **biosfera**.

### 1.4 (página 7)

- Resumir la importancia de la transferencia de información dentro y entre los sistemas vivos, dando ejemplos específicos.
  - Los organismos transmiten información química, eléctrica, y de comportamiento.
  - El **ADN**, que constituye los **genes**, es el material hereditario. La información codificada en el ADN se transmite de una generación a la siguiente. El ADN contiene las instrucciones para el desarrollo de un organismo y para realizar los procesos de la vida. El ADN codifica las **proteínas**, que son importantes para determinar la estructura y función de cada célula y tejido.
  - Las **hormonas**, son mensajeros químicos que transmiten mensajes de una parte del organismo a otra, son importantes en la **señalización celular**.
  - Muchos organismos utilizan señales eléctricas para transmitir la información, la mayoría de los animales tienen sistemas nerviosos que transmiten los impulsos eléctricos y liberan **neurotransmisores**.

### 1.5 (página 8)

- Resumir el flujo de energía a través de los ecosistemas y contrastar el papel de los productores, consumidores y descomponedores.
  - Las actividades de las células vivas requieren de energía. La vida depende de una fuente de energía continua del Sol. Durante la fotosíntesis, las plantas, algas y algunas bacterias utilizan la energía de la luz solar para sintetizar moléculas complejas a partir de dióxido de carbono y agua.
  - Prácticamente todas las células realizan **respiración celular**, un proceso bioquímico por el cual captan la energía almacenada en los alimentos, por los productores. Parte de esa energía se utiliza para sintetizar materiales requeridos o para realizar otras actividades celulares.
  - Un ecosistema autosuficiente incluye a los **productores** o **autótrofos**, que elaboran su propio alimento, los **consumidores primarios**, que se alimentan de los productores, los consumidores secundarios que se alimentan de consumidores primarios, y los **descomponedores**, que obtienen energía a partir del rompimiento de moléculas en los desechos y los organismos muertos. Los consumidores y descomponedores son **heterótrofos**, organismos que dependen de los productores como una fuente de energía para obtener alimento y oxígeno.

### 1.6 (página 10)

- Mostrar el sistema de nomenclatura binominal mediante el uso de ejemplos concretos y la clasificación de un organismo (como un humano) en su dominio, reino, filo, clase, orden, familia, género y especie.
  - Millones de especies han evolucionado. Una **especie** es un grupo de organismos con estructura, función y comportamiento similar, en la naturaleza, sólo se reproduce con otro. Los miembros de una especie contribuyen a un **acervo genético** común y comparten un ancestro común.
  - Los biólogos utilizan un **sistema de nomenclatura binominal** en la que el nombre de cada especie incluye un nombre de **género** y un **epíteto específico**. La clasificación taxonómica es jerárquica, incluye especies, género, **familia**, **orden**, **clase**, **filo**, **reino**, y **dominio**. Cada agrupación se refiere como un **taxón**. Un grupo de organismos con un antepasado común es un **clado**.
- Identificar los tres dominios y los reinos de los seres vivos, y dar ejemplos de los organismos asignados a cada grupo.
  - Las bacterias y las arqueas tienen **células procariotas**, todos los demás organismos tienen **células eucariotas**. Los procariotas forman dos de los tres dominios (Bacteria y Archaea).
  - Los organismos se clasifican en tres dominios: **Archaea**, **Bacteria** y **Eukarya** y varios reinos: **Archaea**, **Bacteria**, **Hongos** (por ejemplo, mohos y levaduras), **Plantas** y **Animales**. Los **Protistas** (por ejemplo, algas, hongos de agua, los mohos del cieno, y las amebas) ahora se asignan a cinco "supergrupos".
- Dar una breve descripción de la teoría científica de la evolución y explicar por qué es el concepto principal de la unificación de la biología.
  - La **evolución** es el proceso mediante el cual las poblaciones cambian con el tiempo en respuesta a cambios en el ambiente. La teoría de la evolución explica cómo millones de especies llegaron a ser lo que son y nos ayuda a comprender la estructura, la función, el comportamiento y las relaciones de los organismos.
  - La **selección natural**, el mecanismo principal por el que la evolución avanza, favorece a los individuos con rasgos que les permitan hacer frente a cambios ambientales. Charles Darwin basó su teoría de la selección natural en sus observaciones de la variación de los individuos de una especie; los organismos producen más descendientes que sobreviven y se reproducen; los organismos deben competir por recursos limitados, y los individuos que mejor se adaptan a su entorno tienen más probabilidades de sobrevivir, reproducirse y transmitir su información hereditaria. Sus rasgos se vuelven más ampliamente distribuidos en la población.
  - La fuente de variación en una población es la **mutación** aleatoria.
- Aplicar la teoría de la selección natural para cualquier adaptación dada y sugerir una explicación lógica de cómo la adaptación puede haber evolucionado.
  - Cuando los antepasados de los primeros mieleros hawaianos llegaron a Hawái, otras pocas aves estaban presentes, así que había muy poca competencia por la comida. A través de muchas generaciones, los mieleros, con picos largos y más curvados se adaptaron a alimentarse del néctar de las

flores tubulares. Quizá los que tienen los picos más largos, y más curvados eran más capaces de sobrevivir en esta zona de alimentos y han vivido para transmitir sus genes a su descendencia. Los que tienen el pico más corto, y más grueso tuvieron más éxito alimentándose de insectos y pasan sus genes a las nuevas generaciones de descendientes. Finalmente, las diferentes especies evolucionaron, se han adaptado a zonas específicas de alimentos.

## 1.7 (página 15)

**10** Diseñar un estudio para probar una hipótesis dada, utilizando el procedimiento y la terminología del método científico.

- El **proceso de ciencia** es un método dinámico de la investigación. El **método científico** es un marco general que usan los científicos en su trabajo; incluye la observación, el reconocimiento de un problema o estableciendo una pregunta crítica, la formulación de una hipótesis, haciendo una predicción que se puede probar, haciendo nuevas observaciones, realizando experimentos, interpretando los resultados, y obteniendo conclusiones que apoyan o falsifican la hipótesis.
- El razonamiento deductivo e inductivo son dos categorías de pensamiento sistemático utilizados en el método científico. El **razonamiento deductivo** procede de principios generales a conclusiones concretas y nos ayuda a descubrir relaciones entre los hechos conocidos. El razonamiento inductivo

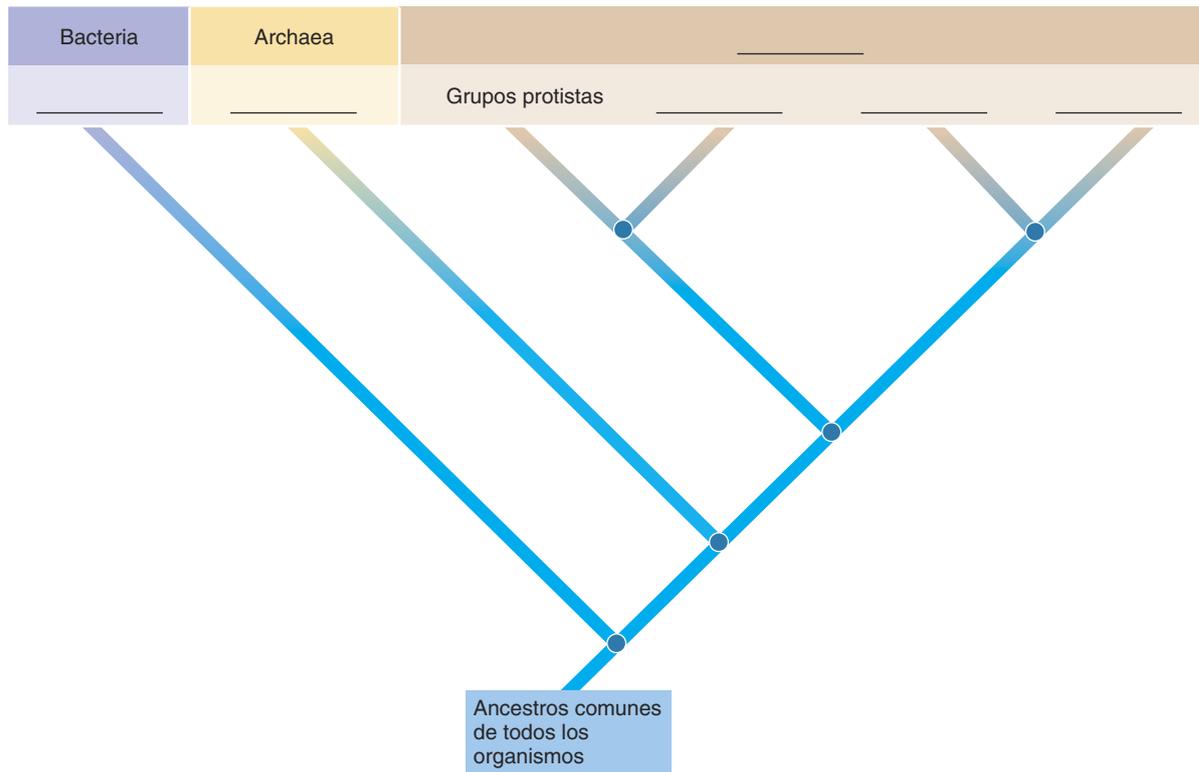
comienza con observaciones específicas y obtiene conclusiones de ellas. El razonamiento inductivo nos ayuda a descubrir principios generales.

- Una **hipótesis** es una explicación provisional de las observaciones o fenómenos. Una hipótesis se puede probar. Si no encuentra evidencia que la soporte, se rechaza la hipótesis.
  - Un experimento científico bien diseñado por lo general incluye un **grupo de control** y un **grupo experimental** y debe estar lo más libre posible de prejuicios. El grupo de control debe ser lo más parecido posible al grupo experimental. Idealmente, el grupo experimental difiere del grupo de control sólo con respecto a la variable que se está estudiando.
  - Una **teoría científica** es una explicación integrada de algún aspecto del mundo natural que se basa en una serie de hipótesis, cada una apoyada por los resultados consistentes de muchas observaciones o experimentos.
- 11** Comparar los métodos del reduccionismo y de los sistemas en la investigación biológica.
- Usando el reduccionismo, los investigadores estudian los componentes más simples de los procesos biológicos, por ejemplo, moléculas o células. La **biología de sistemas** utiliza los conocimientos proporcionados por el reduccionismo. Los biólogos de sistemas integran los datos de distintos niveles de complejidad con el objetivo de comprender cómo funcionan los sistemas biológicos.

## EVALÚE SU COMPRENSIÓN

1. La homeostasis (a) corresponde al equilibrio del ambiente interno, (b) es la suma de todas las actividades químicas de un organismo (c) es la respuesta a largo plazo de los organismos a los cambios en su entorno (d) se produce a nivel del ecosistema, no en células u organismos (e) puede ser sexual o asexual
2. Una ameba se divide en dos amebas más pequeñas. Éste es un ejemplo de (a) homeostasis (b) neurotransmisión (c) reproducción asexual (d) reproducción sexual (e) metabolismo
3. Las células (a) son los componentes básicos de los organismos vivos (b) siempre tienen núcleo (c) no se encuentran entre bacterias (d) a, b y c (e) a y b
4. ¿Cuál de las siguientes es una secuencia correcta de los niveles de organización biológica?
  1. órganos del sistema 2. químico 3. tejido 4. órgano 5. célula (a) 2, 3, 5, 4, 1 (b) 5, 3, 4, 1, 2 (c) 2, 5, 3, 1, 4 (d) 2, 5, 3, 4, 1 (e) 5, 2, 3, 4, 1
5. ¿Cuál de las siguientes es una secuencia correcta de los niveles de organización ecológica?
  1. comunidad 2. organismo 3. ecosistema 4. población 5. biosfera (a) 5, 3, 1, 4, 2 (b) 2, 4, 1, 3, 5 (c) 2, 1, 4, 3, 5 (d) 4, 2, 1, 3, 5 (e) 2, 4, 3, 1, 5
6. El ADN (a) se produce durante la respiración celular (b) funciona principalmente para transmitir la información de una especie a otra (c) no se puede cambiar (d) es un neurotransmisor (e) constituye los genes
7. La respiración celular (a) es un proceso mediante el cual la luz del Sol se utiliza para sintetizar componentes de la célula con la liberación de energía (b) se produce en heterótrofos solamente (c) se realiza tanto por autótrofos como por heterótrofos (d) causa cambios químicos en el ADN (e) se produce en respuesta a los cambios ambientales
8. Los hongos están asignados al dominio (a) Protista (b) Archaea (c) Bacteria (d) Eukarya (e) Plantas
9. El nombre científico del maíz es *Zea mays*. *Zea* es el (a) epíteto específico (b) género (c) clase (d) reino (e) filo
10. Darwin sugirió que la evolución se realiza por (a) mutación (b) cambios en los individuos de una especie (c) selección natural (d) interacción de las hormonas durante la competencia por los recursos (e) respuestas homeostáticas a cada cambio en el entorno
11. Idealmente, un grupo experimental difiere de un grupo de control (a) sólo con respecto a la hipótesis que está siendo probada (b) porque sus sujetos son más fiables (c) en que está menos sujeto a sesgo (d) en que es menos vulnerable a errores de muestreo (e) sólo con respecto a la variable en estudio
12. Un biólogo de sistemas lo más probable es que trabaje en (a) comprender mejor los componentes de las células (b) desarrollo de un mejor sistema de clasificación de los organismos (c) creación de una nueva serie de pasos para el método científico (d) investigación de una serie de reacciones que comunican la información en la célula (e) identificación de las conexiones e interacciones de las neuronas con el fin de aprender acerca de la función cerebral

13. Identificar el dominio y los reinos escribiendo el nombre de cada una de las líneas en blanco.



## PENSAMIENTO CRÍTICO

1. ¿Qué pasaría si fallara un mecanismo homeostático? Describa un mecanismo homeostático que trabaje en su cuerpo (que sea distinto del de regulación de la glucosa citado en este capítulo).
2. Compare el método reduccionista con la biología de sistemas. ¿Cómo se complementan los dos métodos? ¿Qué método es más probable que considere las propiedades emergentes?
3. ¿Cuáles son algunas características de una buena hipótesis? Dé un ejemplo.
4. Haga una predicción y diseñe un experimento controlado adecuadamente para probar cada una de las siguientes hipótesis: (a) Un tipo de moho encontrado en su jardín produce un antibiótico eficaz. (b) La tasa de crecimiento de una plántula de frijol se ve afectada por la temperatura. (c) Los estrógenos alivian los síntomas de la enfermedad de Alzheimer en las mujeres de edad avanzada.
5. **VÍNCULO CON LA EVOLUCIÓN.** ¿De qué manera depende la evolución de la transferencia de información? ¿De qué modo la transferencia de información depende de la evolución?
6. **VÍNCULO CON LA EVOLUCIÓN.** ¿Cómo podría ayudar el conocimiento de los procesos evolutivos a un biólogo que está haciendo investigación en (a) comportamiento animal, por ejemplo, el comportamiento del cazador de leones? (b) el desarrollo de un nuevo antibiótico para sustituir uno al que las bacterias lo han vuelto resistente? (c) la conservación de una planta específica en una selva tropical?
7. **ANÁLISIS DE DATOS.** Compare las dos gráficas de la figura 1-18. ¿Qué información ilustra la segunda gráfica? ¿Qué posible explicación puede darle a las diferencias que se muestran en las dos gráficas?
8. **CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD.** La nueva tecnología está permitiendo a los científicos crear terapias eficaces de genes para tratar enfermedades graves. En el futuro la terapia génica se puede utilizar para tratar condiciones tales como la adicción o trastornos bipolares. ¿Qué pasa si la terapia de genes se pudiera utilizar para producir niños con capacidad atlética, capacidad artística, o alto índice de inteligencia? ¿Tiene preocupaciones éticas sobre estas posibilidades? Si es así, dónde y cómo se marca la línea?

## 2

# Átomos y moléculas: la base química de la vida



El agua es un requerimiento básico para todo tipo de vida. Un jaguar (*Panthera onca*), el felino más grande en el hemisferio occidental, hace una pausa para beber agua en un arroyo de la selva.

Frans Lanting/Minden Pictures

## CONCEPTOS CLAVE

- 2.1** Carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno son los elementos más abundantes en los seres vivos.
- 2.2** Las propiedades químicas de un átomo se determinan por sus electrones de más alta energía, conocidos como electrones de valencia.
- 2.3** Una molécula consta de átomos unidos entre sí por enlaces covalentes. Otros enlaces químicos importantes y muy fuertes son los enlaces iónicos. Los enlaces de hidrógeno y las interacciones de van der Waals son atracciones más débiles.
- 2.4** La energía de un electrón se transfiere en una reacción redox.
- 2.5** Las moléculas de agua son polares, tienen regiones de carga parcial positiva y otras de carga parcial negativa lo que les permite formar enlaces de hidrógeno entre sí y con otras sustancias polares.
- 2.6** Los ácidos son donadores de iones hidrógeno, las bases son aceptores de iones hidrógeno. La escala de pH es una medida conveniente de la concentración de iones hidrógeno de una disolución.

El conocimiento de la química es esencial para comprender a los organismos y cómo funcionan. Este jaguar y las plantas de la selva tropical, así como abundantes insectos y microorganismos que no se ven, comparten similitudes fundamentales en su composición química y en sus procesos metabólicos básicos. Estas similitudes químicas proporcionan una fuerte evidencia de la evolución de todos los organismos a partir de un ancestro común y explican en gran parte por qué lo que los biólogos aprenden estudiando a las bacterias o a las ratas en laboratorios se puede aplicar a otros organismos, incluyendo a los seres humanos. Por otra parte, los principios químicos y físicos básicos que rigen los organismos no son exclusivos de los seres vivos, porque también se aplican a los sistemas inertes.

El éxito del Proyecto del Genoma Humano y los estudios relacionados se basan en gran medida en la bioquímica y en la **biología molecular**, la química y la física de las moléculas que constituyen los seres vivos. Un bioquímico puede investigar las interacciones precisas entre los átomos y las moléculas de una célula que mantienen el flujo de energía esencial para la vida, y un biólogo molecular puede estudiar cómo interactúan las proteínas con el ácido desoxirribonucleico (ADN) con el fin de controlar la expresión de ciertos genes. Sin embargo, es esencial que *todos* los biólogos entiendan la química. Un biólogo evolutivo puede estudiar las relaciones

evolutivas al comparar el ADN de diferentes tipos de organismos. Un ecólogo puede estudiar cómo fluye la energía entre los organismos que viven en un estuario o monitorear los efectos biológicos del cambio de salinidad del agua. Un botánico puede estudiar compuestos únicos producidos por las plantas e incluso puede llegar a ser un “explorador químico”, buscando nuevas fuentes de agentes medicinales.

En este capítulo, se establecen las bases para comprender cómo la estructura de los átomos determina la forma en que se forman los enlaces químicos para producir compuestos complejos. La mayor parte de nuestro análisis se centra en sustancias simples y pequeñas conocidas como **compuestos inorgánicos**. Entre los grupos de compuestos biológicamente importantes de compuestos inorgánicos están el agua, muchos ácidos, bases y sales simples. Se presta especial atención al agua, la sustancia más abundante en los organismos y en la superficie de la Tierra, y se analiza cómo sus propiedades únicas afectan a los organismos vivos, así como a su entorno inerte. En el capítulo 3 se extiende el análisis a los **compuestos orgánicos**, que contienen carbono, son generalmente grandes y complejos. En todos los compuestos orgánicos hasta en los más simples, dos o más átomos de carbono están unidos entre sí formando la estructura, o esqueleto de la molécula.

## 2.1 ELEMENTOS Y ÁTOMOS

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- 1 Mencionar los principales elementos químicos presentes en los seres vivos y proporcionar una función importante de cada uno.
- 2 Comparar las propiedades físicas (masa y carga) y la ubicación de los electrones, protones y neutrones. Distinguir entre el número atómico y el número de masa de un átomo.
- 3 Definir los términos *orbital* y *capa electrónica*. Relacionar las capas electrónicas con los niveles de energía principales.

Los **elementos** son sustancias que no se pueden dividir en sustancias más simples por medio de reacciones químicas ordinarias. Cada elemento tiene un **símbolo químico**: en general la primera letra o las primera y segunda letras del nombre del elemento en inglés o en latín. Por ejemplo, O es el símbolo del oxígeno, C del carbono, H del hidrógeno, N del nitrógeno, y Na del sodio (de la palabra en latín *natrium*). Sólo cuatro elementos, oxígeno, carbono, hidrógeno y nitrógeno, son responsables de más del 96% de la masa de la mayoría de los organismos. Otros, tales como calcio, fósforo, potasio y magnesio, están también constantemente presentes, pero en cantidades más pequeñas. Algunos elementos, como el yodo y cobre, se conocen como *oligoelementos*, ya que sólo son necesarios en cantidades muy pequeñas. En la **TABLA 2-1** se enumeran los elementos que componen los organismos y se explica brevemente su función principal en plantas y animales.

Un **átomo** se define como la parte más pequeña de un elemento que conserva sus propiedades químicas. Los átomos son demasiado pequeños para ser visibles bajo el microscopio óptico. Sin embargo, con técnicas sofisticadas (como la microscopía de efecto túnel, se hacen ampliaciones tan grandes como 5 millones de veces) los investigadores han podido fotografiar las posiciones de algunos átomos en las moléculas grandes.

Los componentes de los átomos son pequeñas partículas de **materia** (todo lo que tiene masa y ocupa espacio), conocidas como partículas subatómicas. Los físicos han descubierto una serie de partículas subatómicas, pero para nuestros propósitos necesitamos considerar sólo tres: electrones, protones y neutrones. Un **electrón** es una partícula que porta

una unidad de carga eléctrica negativa; un **protón** porta una unidad de carga positiva, y un **neutrón** es una partícula sin carga. En un átomo eléctricamente neutro, el número de electrones es igual al número de protones.

Los protones y los neutrones agrupados conforman el **núcleo atómico**. Sin embargo, los electrones no tienen una ubicación fija y se mueven rápidamente a través del espacio casi vacío que rodea el núcleo atómico.

### Un átomo se identifica únicamente por su número de protones

Cada elemento tiene un número fijo de protones en el núcleo atómico, conocido como el **número atómico**. Se escribe como un subíndice a la izquierda del símbolo químico. Así,  ${}_1\text{H}$  indica que el núcleo del hidrógeno contiene 1 protón, y  ${}_8\text{O}$  significa que el núcleo del oxígeno con-

**TABLA 2-1** Funciones de los elementos en los organismos

Elemento* (símbolo químico)	Funciones
Oxígeno	Necesario para la respiración celular; presente en la mayoría de los compuestos orgánicos; componente del agua
Carbono	Forma la estructura de las moléculas orgánicas; cada átomo de carbono puede formar cuatro enlaces con otros átomos
Hidrógeno	Presente en la mayoría de los compuestos orgánicos; componente del agua; el ion hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) está implicado en algunas reacciones de transferencia de energía
Nitrógeno	Componente de proteínas y ácidos nucleicos; componente de la clorofila en las plantas
Calcio	Componente estructural de los huesos y los dientes; el ion calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) es importante en la contracción muscular, la conducción de impulsos nerviosos y la coagulación sanguínea; asociado con la pared celular de las plantas
Fósforo	Componente de los ácidos nucleicos y de los fosfolípidos de las membranas; importante en las reacciones de transferencia de energía; componente estructural de los huesos
Potasio	El ion potasio ( $\text{K}^+$ ) es el principal ion positivo (catión) en el citoplasma (tejido) de las células animales; importante en la función nerviosa; afecta la contracción muscular; controla la apertura de los estomas en las plantas
Azufre	Componente de la mayoría de las proteínas
Sodio	El ion sodio ( $\text{Na}^+$ ) es el principal ion positivo (catión) en el líquido intersticial (tejido) de animales; importante en el equilibrio de líquidos; esencial para la conducción de impulsos nerviosos; importante en la fotosíntesis en las plantas
Magnesio	Necesario en la sangre y otros tejidos animales; activa muchas enzimas; componente de la clorofila en las plantas
Cloro	El ion cloruro ( $\text{Cl}^-$ ) es el principal ion negativo (anión) en el líquido intersticial (tejido) de animales; importante en el balance de agua; esencial para la fotosíntesis
Hierro	Componente de la hemoglobina en los animales; activa ciertas enzimas

\*Otros elementos se encuentran en muy pequeñas cantidades (trazas) en animales, plantas, o en ambos incluidos yodo (I), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn), cobalto (Co), flúor (F), molibdeno (Mo), selenio (Se), boro (B), silicio (Si) y algunos otros.

tiene 8 protones. El número atómico determina la identidad del átomo y define el elemento correspondiente.

La **tabla periódica** es una gráfica de los elementos ordenada por su número atómico (FIGURA 2.1 y apéndice A). La tabla periódica es útil porque permite correlacionar simultáneamente muchas de las características entre los diversos elementos.

La figura 2-1 incluye la **configuración electrónica** de varios elementos importantes para los organismos, con base en los *modelos de Bohr*, que muestran el arreglo de los electrones en varios círculos concéntricos alrededor del núcleo; éstos aunque son fáciles de utilizar, son imprecisos. En realidad, el espacio que rodea el núcleo es extremadamente grande en comparación con él, y como se verá, los electrones no orbitan alrededor del núcleo en trayectorias concéntricas fijas.

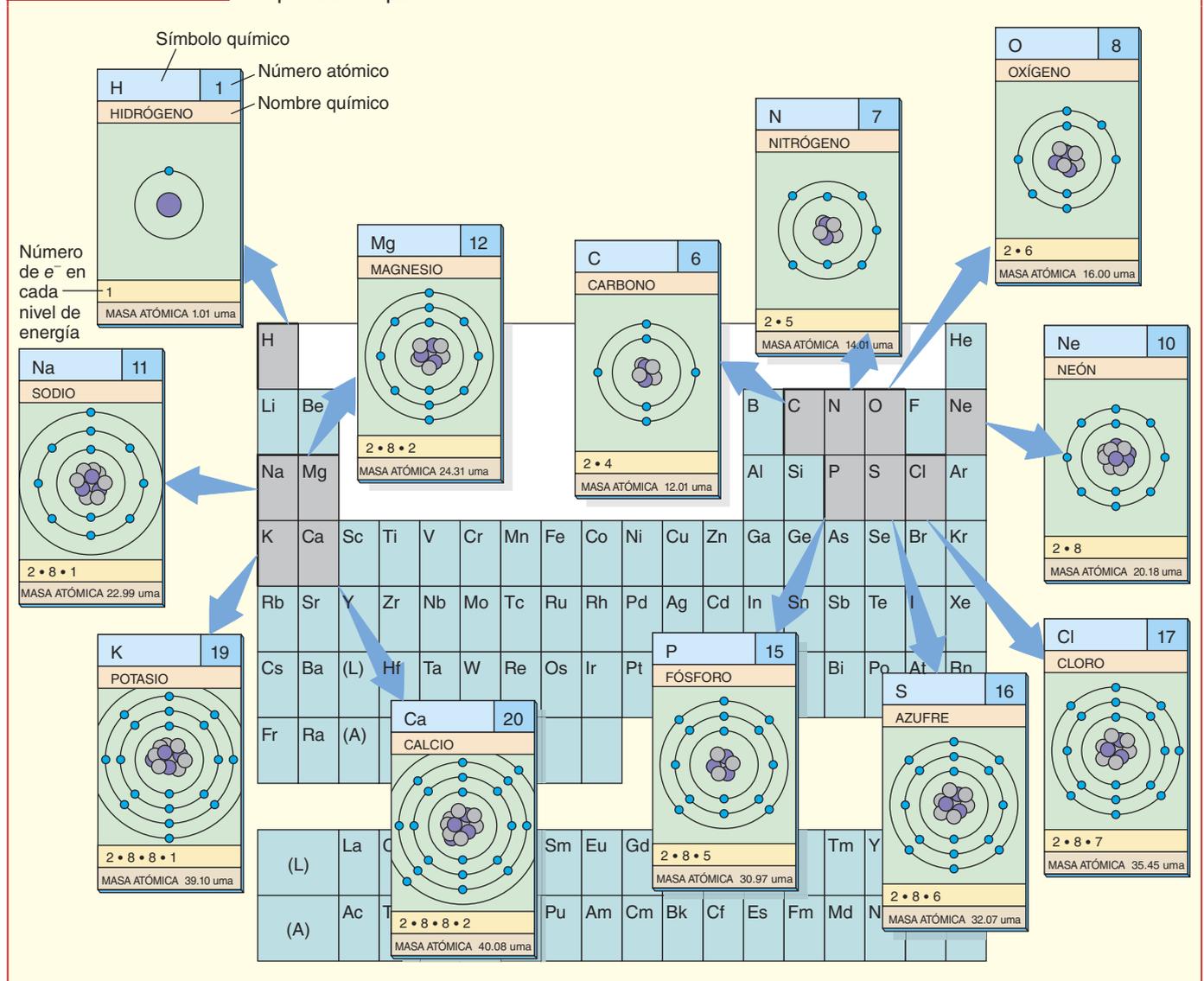
## La suma de protones y neutrones determina la masa atómica

La masa de una partícula subatómica es muy pequeña, demasiado pequeña para que pueda expresarse convenientemente en gramos o incluso en microgramos.<sup>1</sup> Estas masas se expresan en términos de la unidad de **masa atómica (uma)**, también llamada **dalton** en honor a John Dalton, el químico inglés que formuló una teoría atómica a principios de 1800. Una uma es aproximadamente igual a la masa de un solo

<sup>1</sup>Las tablas de unidades de mediciones científicas comúnmente utilizadas están impresas en las últimas páginas de este libro.

### PUNTO CLAVE

La tabla periódica proporciona información acerca de los elementos: su composición, estructura y comportamiento químico.



**FIGURA 2-1** La tabla periódica

Observe el uso de los modelos de Bohr para representar la configuración electrónica de los átomos de algunos elementos de importancia biológica, además del neón, que no es reactivo, ya que su capa de valencia está completa (lo que se analizará posteriormente en este capítulo).

Aunque el modelo de Bohr no representa las configuraciones electrónicas con precisión, se utiliza comúnmente debido a su simplicidad y conveniencia. En el apéndice A se presenta una tabla periódica completa.



En *Conceptos fundamentales de biología* nos propusimos exponer los principios biológicos en una forma integrada, precisa y accesible, y presentar la biología en un marco basado en la investigación.

El estudiante explorará los diversos organismos y sus adaptaciones al medio ambiente, así como los fundamentos biológicos mediante un sistema de aprendizaje que incluye estrategias novedosas tales como cuadros, resúmenes, conceptos clave y objetivos de aprendizaje, entre muchas otras. Un interesante programa de figuras, fotografías y dibujos le permitirá al alumno enlazar lo “real” con lo “ideal” y establecer un contexto más general. La sección de preguntas de pensamiento crítico conduce a la aplicación de los conocimientos recién adquiridos a fin de establecer conexiones entre nuevas situaciones y conceptualizaciones.

Tras un estudio exitoso de este libro el estudiante podrá diseñar un experimento para probar una hipótesis determinada con base en el método científico; o explicar la función de la información genética en todas las especies y discutir sus aplicaciones en la sociedad; incluso podrá describir los mecanismos por los cuales las células y los organismos transfieren información. *Conceptos fundamentales de biología* es un libro diseñado para el óptimo aprendizaje del estudiante.



Visite nuestro sitio en <http://latinoamerica.cengage.com>

ISBN-13: 978-607-526-964-1  
ISBN-10: 607-526-964-9



9 786075 269641