

Índice general



Introducción: el estudio de la biología en la actualidad

Multiplicidad de enfoques

- Las unidades de estudio
- Las narraciones históricas
- Un hilo conductor

Ciencia-sociedad

La naturaleza de la ciencia

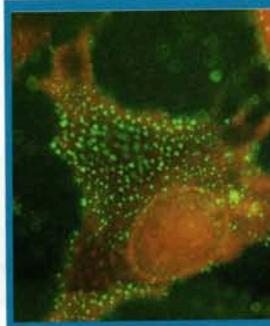
La biología: en busca del origen de la disciplina

La historia de la biología: una red intrincada de preguntas y respuestas

- La diversidad y la clasificación
- Los rastros de la vida: los fósiles
- Dos viajes que cambiaron el rumbo del pensamiento
- Después de Darwin

La biología actual

1
2
2
3
3
4
5
5
6
7
9
9
10



Sección 1 La unidad de la vida

Capítulo 1 Origen de la célula

Se forma la Tierra

Comienza la vida

- Hipótesis alternativas sobre el origen de la vida
- Las primeras células: algunas evidencias

13
13
15
17
18

¿Vida sólo en la Tierra?

Recuadro 1-1 El agua y los puentes de hidrógeno

Distintas estrategias energéticas: heterótrofos y autótrofos

Recuadro 1-2 La vida en ambientes extremos

Recuadro 1-3 ¿Por qué no el silicio?

Dos tipos de células: procariontes y eucariontes

El origen de algunas organelas clave

En busca del ancestro común

Los orígenes de la multicelularidad

¿Qué es la vida?

Las características de los seres vivos

Ensayo 1-1 Ni máquinas, ni fuerza vital: simplemente sistemas vivos

Las formas de vida: unidad y diversidad

Ensayo 1-2 El problema de la generación espontánea

En síntesis

Cuestionario

19
20
21
21
22
22
24
25
25
25
27
28
29
30
32

Capítulo 2 La organización de las células

El tamaño, la forma y la organización de la célula

Los límites de la célula

Una estructura dinámica y fluida: la membrana celular

Recuadro 2-1 Los puntos de partida

Ensayo 2-1 Visita al mundo celular: ¿cómo podemos estudiar a las células?

Por fuera de la membrana, la pared celular

En el interior de la célula, el núcleo

Entre el núcleo y la membrana celular, el citoplasma

Las estructuras en las que se sintetizan las proteínas: los ribosomas

Ensayo 2-2 Disección de la célula

Los sistemas de endomembranas

Otro tipo de organelas

Un sistema de andamiaje interno: el citoesqueleto

El citoesqueleto y el movimiento

Actina y proteínas asociadas

Recuadro 2-2 ¿Citoesqueleto en bacterias?

Células en movimiento: cilios y flagelos

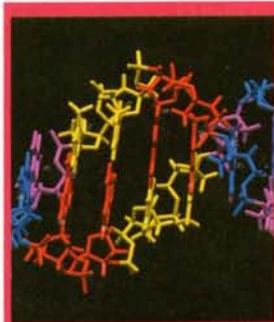
Ensayo 2-3 Cultivo de células

33
33
34
34
35
37
38
39
41
41
42
43
47
49
51
51
52
53
54



Capítulo 3 Cómo entran y salen sustancias de la célula	58		
Los seres vivos y los intercambios de materia y energía	58		
Los seres vivos son sistemas abiertos	58		
La tendencia a alcanzar estados estacionarios	59		
Las fuerzas que impulsan los intercambios de materia y energía	60		
Transportes pasivos y activos	61		
Recuadro 3-1 Galería de Premios Nobel	62		
El pasaje de sustancias a través de la membrana celular	62		
El desplazamiento de sustancias a través de los fosfolípidos de la membrana	63		
Recuadro 3-2 Movimientos de agua: ósmosis y volumen celular	64		
Intercambios asistidos: proteínas transportadoras de membrana	65		
Recuadro 3-3 Canales específicos para el agua: las acuaporinas	67		
Recuadro 3-4 El transporte activo de sodio y potasio	68		
Intercambios a través de vesículas	70		
Ensayo 3-1 Comportamiento oscilatorio del calcio intracelular	71		
En síntesis	72		
Cuestionario	72		
Capítulo 4 Metabolismo y energía	73		
Clases de energía y transformaciones energéticas	73		
Principio de conservación de la energía: primera ley de la termodinámica	74		
La primera ley de la termodinámica y los organismos vivos	75		
Dirección de los procesos naturales: segunda ley de la termodinámica	76		
¿Qué es la vida?: los sistemas biológicos y la segunda ley de la termodinámica	77		
La entropía y la flecha del tiempo	77		
Reacciones químicas en los seres vivos	78		
Transformaciones energéticas durante las reacciones químicas	79		
		La función termodinámica más utilizada en bioquímica: energía libre de Gibbs	80
		Recuadro 4-1 Oxidación-reducción	80
		Los participantes celulares en la transformación energética	81
		Las enzimas y la energía de activación	81
		Metabolismo: red de redes	83
		Reacciones químicas acopladas	83
		Vías enzimáticas	84
		Regulación de la actividad enzimática	84
		Interacciones alostéricas	84
		Ensayo 4-1 Las redes metabólicas y las nuevas tecnologías	86
		Regulación transcripcional de los niveles enzimáticos	86
		Regulación postraducciona	86
		Otros reguladores de la actividad enzimática	87
		ATP: la moneda energética de la célula	88
		El ATP en acción	88
		En síntesis	90
		Cuestionario	91
		Capítulo 5 Glucólisis y respiración celular	92
		Panorama general de la oxidación de la glucosa	92
		Recuadro 5-1 Moléculas clave	93
		Primera etapa, varios pasos: la glucólisis	94
		Paso a paso	94
		En ausencia de oxígeno	96
		En presencia de oxígeno	97
		Un paso intermedio: la oxidación del ácido pirúvico	98
		Segunda etapa: pasos por el ciclo de Krebs	98
		La etapa final: el transporte de electrones	98
		El mecanismo de la fosforilación oxidativa: el acoplamiento quimiosmótico	100
		Rendimiento energético global	102
		Regulación de glucólisis y respiración	103
		Otras vías catabólicas	103
		Vías de síntesis	103
		En síntesis	104
		Cuestionario	105

Capítulo 6 Fotosíntesis, luz y vida	106
Visión general de la fotosíntesis: sus etapas	106
Ensayo 6-1 Ningún vegetal crece en vano	108
Fotosíntesis: los cloroplastos y sus tilacoides	108
Ensayo 6-2 El descubrimiento de las dos etapas de la fotosíntesis	109
La naturaleza de la luz	111
La absorción de la luz: los pigmentos y las antenas	112
El transporte de electrones: los fotosistemas y la ATP sintetasa	114
Flujo no cíclico de electrones	114
Ensayo 6-3 Fotosíntesis sin clorofila	115
Flujo cíclico de electrones	117
Las reacciones que fijan carbono	117
La vía de los tres carbonos: el ciclo de Calvin	117
La fotorrespiración, reducción de la eficiencia fotosintética	118
Las plantas C4: la vía de los cuatro carbonos	118
Las plantas CAM	121
Utilización de los productos de la fotosíntesis	122
El balance entre la fotosíntesis y la respiración	122
Recuadro 6-1 La fotosíntesis y la tala de bosques y selvas	122
En síntesis	123
Cuestionario	125



*Sección 2
Genética: las bases celulares y químicas de la herencia*

Capítulo 7 La reproducción celular	127
La distribución de la información genética	127
La división celular en los procariontes	128
La división celular en los eucariontes	128
La vida de una célula: el ciclo celular	128
Recuadro 7-1 Drogas que interfieren con la mitosis	129
La regulación del ciclo celular	130
Ensayo 7-1 El cáncer: células en división desenfrenada	131
La división del núcleo y del citoplasma: mitosis y citocinesis	132
La condensación de los cromosomas y el ensamblado del huso mitótico	132
Las cuatro fases de la mitosis	133
La división del citoplasma	133

Senescencia: el envejecimiento de una célula	133
El proceso de muerte celular: apoptosis versus necrosis	136
La división celular: un modo de reproducción de un organismo	137
Hacia la reproducción sexual	137
Células haploides, diploides y poliploides: distinto número de dotaciones cromosómicas	137
La meiosis: una reducción en el número de cromosomas	137
Las ocho fases de la meiosis	138
La mitosis y la meiosis: procesos similares pero diferentes	139
La meiosis en organismos con distintos ciclos vitales	139
Posibles errores en la meiosis	139
Las consecuencias de la reproducción sexual	141
Recuadro 7-2 Anatomía de un cromosoma	142
Recuadro 7-3 Gemelos monocigóticos	142
Tres fuentes de variabilidad genética	142
En síntesis	146
Cuestionario	147

Capítulo 8 Los experimentos de Mendel y el nacimiento de la genética	148
Las contribuciones de Mendel	148
Ensayo 8-1 Concepciones acerca de la herencia	149
El método experimental de Mendel	150
El principio de segregación	150
El principio de distribución independiente	153
Ensayo 8-2 ¿El redescubrimiento o la reinterpretación del trabajo de Mendel?	154
Sobre genes y cromosomas	155
"Las leyes de Mendel" y la dinámica de la meiosis	155
La determinación cromosómica del sexo	158
Ensayo 8-3 Inactivación de X e hipótesis de Lyon	159
Las características ligadas al sexo	159
El ligamiento entre genes y la recombinación	160
El mapeo de cromosomas: determinación de la distancia genética	161
Ampliando el concepto de gen	162
Las interacciones entre diferentes alelos	163
Diversos tipos de interacciones génicas	163
Un gen afecta más de una característica: el fenómeno de pleiotropía	163
La interacción entre los genes y el medio ambiente	163
La acción de varios genes: herencia poligénica	164
Otros factores afectan el fenotipo: expresividad y penetrancia	165
Alteraciones cromosómicas	168
En síntesis	169
Cuestionario	170

Capítulo 9 Las bases químicas de la herencia: el DNA y su replicación 172

La química de la herencia	172
El material genético: ¿DNA o proteínas?	172
La pista del DNA	173
Los experimentos con bacterias y el factor transformador	173
La estructura del DNA: un polímero de nucleótidos	173
Los experimentos con bacteriófagos: la reivindicación del DNA	174
Evidencia adicional en favor del DNA	175
Cómo está contenida la información en la molécula de DNA	175
El modelo de Watson y Crick	176
Ensayo 9-1 ¿Quién hubiera podido descubrirlo?	177
Ensayo 9-2 Detrás de todo gran descubrimiento... Rosalind Franklin y la estructura del DNA	178
El mecanismo de replicación del DNA	179
Ensayo 9-3 Una confirmación de la replicación semiconservativa	180
El mecanismo general de la replicación del DNA	181
Recuadro 9-1 Enzimas y otras proteínas de la replicación	182
Corrección de errores	183
Energética de la replicación del DNA	185
La DNA polimerasa como herramienta de multiplicación: PCR	186
El DNA como portador de información	187
Recuadro 9-2 El DNA en boca de todos	187
En síntesis	187
Cuestionario	189



Sección 3 Los genes en acción: estructura, expresión y control de la información genética

Capítulo 10 El flujo de información genética: los caminos del DNA a la proteína 191

La evolución del concepto de gen	192
El flujo de información dentro de la célula	192
El código genético	193
Recuadro 10-1 Golpe a las ideas lamarckianas	193
Ensayo 10-1 El mensajero evasivo	194
Recuadro 10-2 Se descubren nuevos aminoácidos	195

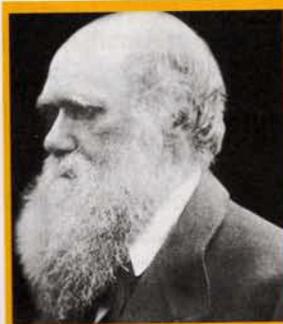
La universalidad del código genético	195
La transcripción: del DNA al RNA	195
El mecanismo de transcripción: síntesis del RNA mensajero	195
El procesamiento del RNA mensajero	199
La traducción: del RNA al polipéptido	200
El RNA ribosómico y los ribosomas	200
El RNA de transferencia, un adaptador entre los aminoácidos y el mRNA	200
El proceso de síntesis de polipéptidos	201
Recuadro 10-3 Algunas diferencias entre bacterias y eucariontes	202
Recuadro 10-4 Un ataque a la síntesis proteica: los antibióticos	204
Una redefinición de las mutaciones	206
Ensayo 10-2 La diversidad de conceptos de gen	207
Una revisión del concepto de gen	207
En síntesis	208
Cuestionario	209

Capítulo 11 La regulación de la expresión génica 211

El genoma procarionte	211
Regulación de la expresión génica en procariontes	212
El modelo del operón	213
El genoma eucarionte	215
Cantidad de DNA	215
Genes interrumpidos por intrones	215
Gran proporción de DNA intergénico	215
Secuencias repetidas	216
Ensayo 11-1 Genomas: genes y regiones intergénicas	217
Recuadro 11-1 Los curiosos números... de nuestro genoma	216
Recuadro 11-2 Familias de genes	218
Recuadro 11-3 Genómica comparada	218
Estructura cromosómica: una asociación íntima entre DNA y proteínas	218
El genoma eucarionte: una organización compleja	220
La regulación de la expresión génica en los eucariontes	220
El control de la transcripción	221
El transporte del mRNA del núcleo al citoplasma	223
La traducción de los mRNA en proteínas en el citoplasma	223
La degradación del mRNA	225
La expresión génica en animales: transgénicos y clones	225
Recuadro 11-4 El descubrimiento del silenciamiento génico	225
Recuadro 11-5 Microchips de DNA	227
En síntesis	228
Cuestionario	229

Capítulo 12 Comunicación celular	230	Capítulo 14 La manipulación de la información genética	266
Mecanismos generales de comunicación celular	230	La tecnología del DNA recombinante	266
El reconocimiento de la señal	231	Las herramientas del oficio	267
La interacción de la molécula señal con su receptor	231	Una batería de enzimas	267
Recuadro 12-1 Características de la unión ligando-receptor	232	Recuadro 14-1 Enzimas de restricción	267
Los receptores intracelulares	232	Las materias primas	269
Los receptores de membrana	233	Vectores para el transporte de secuencias de DNA	270
Receptores de membrana asociados con canales iónicos	233	Vectores para procariontes	270
Recuadro 12-2 Patch clamp	234	Vectores para eucariontes	272
Receptores de membrana asociados con enzimas	234	Las técnicas para manipular el DNA	273
Receptores de membrana acoplados a proteínas G	235	La hibridación: localización de fragmentos específicos de DNA	273
Transmisión de la señal al interior de la célula	236	La secuenciación del DNA	274
Recuadro 12-3 Las proteínas G heterotriméricas: estructura, regulación y mecanismos de señalización	237	La reacción en cadena de la polimerasa (PCR)	276
Proteínas G que interactúan con los receptores en la transducción de la señal	238	Ensayo 14-1 El Proyecto Genoma Humano	277
Los segundos mensajeros	239	Las técnicas y las herramientas en acción	278
Recuadro 12-4 ¿Cómo medir el aumento de calcio citoplasmático?	243	La clonación molecular: obtención de una población genéticamente homogénea	278
Transducción del mensaje por cascadas de activación de cinasas	243	Las aplicaciones de la biotecnología moderna	280
Interacción entre las distintas vías de señalización	243	Análisis <i>in vitro</i> de la expresión génica	281
El final de la vía: la respuesta biológica	246	La obtención de proteínas recombinantes	281
En síntesis	246	Recuadro 14-2 La primera proteína recombinante	281
Cuestionario	247	Microorganismos recombinantes	282
		Animales transgénicos	282
		Recuadro 14-3 Animales transgénicos como biorreactores	283
		Las plantas transgénicas	283
		La secuenciación de genomas completos	284
		Silenciamiento del RNA	285
		Recuadro 14-4 Banco de genes	285
		Recuadro 14-5 Biotecnología y bioinformática	285
		Algunos cuestionamientos éticos	286
		Ensayo 14-2 Organismos genéticamente modificados	287
		En síntesis	288
		Cuestionario	289
Capítulo 13 Elementos genéticos móviles	248	Capítulo 15 Desarrollo: la ejecución de un programa genético	290
La transferencia de genes	248	La mosca de la fruta <i>Drosophila melanogaster</i>	291
Los plásmidos y la conjugación	249	El desarrollo embrionario de <i>Drosophila</i>	291
El plásmido F: un factor de fertilidad	249	El "diseño corporal" de <i>Drosophila</i> durante el desarrollo	293
El plásmido R: un vector de genes de resistencia	250	Establecimiento de los ejes corporales	293
Adquisición de fragmentos del medio: la transformación	250	Recuadro 15-1 Discos imaginales	293
Recuadro 13-1 Resistencia a las drogas antimicrobianas	251	Los orígenes de la asimetría del embrión	295
Los virus: parásitos intracelulares	251	Los gradientes de morfógenos	295
La infección viral	252	Generación de unidades repetitivas	297
Los virus como vectores	253	Identificación de los genes que controlan la formación del embrión	297
Ensayo 13-1 "Señor, estoy completamente lisada"	254	Genes de efecto materno y genes de efecto cigótico	298
Genes móviles: los transposones	256	Diferenciación de unidades repetitivas	300
Ensayo 13-2 "Era divertido..."	258	Recuadro 15-2 Las bases moleculares del establecimiento de unidades repetitivas	301
Las estrategias de recombinación	258		
Genes, virus y cáncer	259		
Los virus: unidades de información genética	260		
Evolución de los virus	260		
Víroides y priones	261		
Recuadro 13-2 Encefalopatías espongiiformes	262		
En síntesis	263		
Cuestionario	265		

Transformaciones homeóticas	301	El viaje a bordo del <i>Beagle</i>	335
Mutaciones homeóticas en <i>Drosophila</i>	302	La teoría de Darwin: muchas preguntas encuentran su respuesta	336
Genes Hox	302	Evidencias del proceso evolutivo	339
La evolución del desarrollo de los animales	303	Evidencias que provienen de la observación directa	339
Los genes Hox y el nacimiento de Evo-Devo	305	Ensayo 17-1 El paradigma evolucionista	340
Los genes Hox y una nueva paradoja sobre la evolución del desarrollo animal	305	Ensayo 17-2 El otro Darwin	341
Nuevas direcciones en el campo de la biología del desarrollo	306	Evidencias que provienen de la biogeografía	342
En síntesis	307	Evidencias que provienen del registro fósil	343
Cuestionario	308	Ensayo 17-3 El registro en las rocas	345
		Evidencias que provienen de la homología	346
		Evidencias que provienen de la imperfección de la adaptación	347
		Después de Darwin	348
		La teoría de la evolución hoy	349
		Ensayo 17-4 "Herederás el viento": la discusión continúa	350
		En síntesis	351
		Cuestionario	352
Capítulo 16 Genética, medicina y sociedad	309	Capítulo 18 Las bases genéticas de la evolución	353
Las enfermedades de origen genético	310	Principios básicos de la genética de poblaciones	353
Alteraciones cromosómicas	310	¿Qué es una población?	353
Recuadro 16-1 Preparación de un cariotipo	311	Frecuencias genotípicas y frecuencias alélicas	354
Enfermedades monogénicas	313	Apareamiento al azar: panmixia	355
Enfermedades multifactoriales	315	Un estado estacionario: el equilibrio de Hardy-Weinberg	355
Ensayo 16-1 El desarrollo tumoral y las herramientas terapéuticas de la medicina moderna	317	El concepto de aptitud	356
El diagnóstico de las enfermedades genéticas	319	La variabilidad: materia prima del cambio evolutivo	357
El diagnóstico mediante técnicas de análisis del DNA	320	Experimentos de reproducción y variabilidad oculta	357
El diagnóstico prenatal	321	La cuantificación de la variabilidad	357
El asesoramiento genético	323	La variabilidad y la aptitud	359
El tratamiento de las enfermedades genéticas	323	Origen y preservación de la variabilidad genética	360
La terapia génica	323	Cambios en el genotipo: las mutaciones	360
Las controversias sobre la terapia génica	324	Combinaciones nuevas: la reproducción sexual	361
Ensayo 16-2 Algunas reflexiones éticas	325	Mecanismos que promueven la exogamia	361
Proyecto Genoma Humano	325	Ensayo 18-1 ¿Por qué sexo?	362
Ensayo 16-3 La genética médica y sus dilemas	326	Una doble dotación cromosómica	362
En síntesis	327	Recuadro 18-1 Acerca de la eugenesia	362
Cuestionario	328	En síntesis	364
		Cuestionario	365
		Capítulo 19 Los procesos del cambio evolutivo	366
		Procesos que cambian las frecuencias génicas	366
		Un doble papel para las mutaciones	366
		Flujo de genes: ingreso o egreso de alelos en una población	367
		La deriva genética	367
		Elecciones no aleatorias: el apareamiento preferencial	369



Sección 4 Evolución

Capítulo 17 Evolución: historia de la teoría y sus evidencias	331
El camino hacia la teoría de la evolución	331
Ideas evolutivas en la Grecia antigua	332
Ideas evolutivas en la Modernidad	332
La construcción de la teoría de Darwin	335

La selección natural	370	El cambio discontinuo en el nivel macroevolutivo	402
La selección natural y el mantenimiento de la variabilidad	370	Radiación adaptativa: una diversificación repentina	403
Ensayo 19-1 Grupos sanguíneos humanos: un acertijo	371	Se termina un linaje: la extinción	404
La selección natural: acción sobre el fenotipo completo	371	La evolución: un proceso contingente	405
Recuadro 19-1 Heterosis o vigor híbrido	372	Representaciones de la historia de la vida: la idea de progreso	406
Diversos tipos de selección natural	372	Ensayo 21-1 Una catástrofe planetaria	407
Selección normalizadora	372	El modelo de los equilibrios intermitentes	407
Selección disruptiva	374	Recuadro 21-1 Nuevas miradas del árbol de la vida: ¿ramas o tramas?	408
Selección direccional	374	Principales transiciones en la historia de la vida	409
Selección dependiente de la frecuencia	375	Ensayo 21-2 <i>Equus</i> : estudio de un modelo	410
Selección sexual	375	El reinado de las bacterias	411
El resultado de la selección natural: la adaptación	375	El origen de los animales	411
Adaptación al ambiente físico: clinas y ecotipos		La radiación de los mamíferos	413
Interacciones interespecíficas y adaptación: coevolución	376	Ensayo 21-3 Biología del desarrollo + evolución: un nuevo campo de la biología evolutiva	414
Recuadro 19-2 Clinas adaptativas: gradientes de variación	378	Ensayo 21-4 Dinosaurios de la Patagonia: una pieza clave para reconstruir la historia del linaje	415
La adaptación bajo la lupa	378	En síntesis	416
Interpretaciones alternativas	381	Cuestionario	417
Adaptación, adaptación, exaptación	381		
En síntesis	383	Capítulo 22 La evolución de los homínidos	418
Cuestionario	384	La evolución de los primeros primates	418
		Las principales líneas de la evolución de los primates	419
Capítulo 20 Sobre el origen de las especies	386	Recuadro 22-1 La familia Leakey	420
Hacia el concepto de especie	386	<i>Homo sapiens</i> y nuestros parientes vivos más cercanos: los antropomorfos actuales	420
Barreras entre especies: los mecanismos de aislamiento reproductivo	387	Hacen su aparición los homínidos	423
El proceso de especiación	387	Los primeros ejemplares	423
Mecanismos de especiación: algunos modelos	387	Recuadro 22-2 ¿Homínidos u homíninos?	424
Recuadro 20-1 Las barreras geográficas y sus consecuencias	391	Ensayo 22-1 Las huellas de pisadas	425
Ensayo 20-1 La desintegración de Pangaea	392	Las pistas del género <i>Homo</i>	426
Arquitectura genética del aislamiento reproductivo: las bases genéticas de la especiación	394	<i>Homo habilis</i> y la construcción de herramientas	427
Recuadro 20-2 Los genes del aislamiento	396	<i>Homo erectus</i> , <i>Homo ergaster</i> y el uso del fuego	427
Origen de nuevas especies: algunas respuestas para una vieja pregunta	396	Recuadro 22-3 Técnica de datación	427
En síntesis	396	Recuadro 22-4 Nuevo hallazgo de los Leakey	428
Cuestionario	397	Relaciones entre las especies de <i>Homo</i>	428
		Recuadro 22-5 El uso de herramientas	432
Capítulo 21 Macroevolución: la historia de la vida	398	El origen de los humanos modernos	432
La evolución a gran escala: procesos y patrones macroevolutivos	398	Ensayo 22-2 La diversidad de nuestra especie: ¿existen las razas?	433
Características similares: la evolución convergente	398	Recuadro 22-6 Reloj mitocondrial	433
Características disímiles: la evolución divergente	399	Ensayo 22-3 Primeros europeos: cuando los africanos descubrieron Europa	435
El cambio gradual y continuo en el nivel macroevolutivo	400	La gran expansión	435
		Procesos y patrones en la evolución humana	436
		En síntesis	437
		Cuestionario	439



Sección 5 La diversidad de la vida

Capítulo 23 La clasificación de los organismos	441	Procariontes quimiolitótrofos	470
La necesidad de una clasificación	441	Procariontes quimioheterótrofos	471
¿Qué es una especie?	442	Recuadro 24-3 Trabajo en conjunto: simbiosis	473
Designación de las especies	443	Ecología microbiana en los océanos	473
La clasificación jerárquica	443	El ciclo microbiano	473
Sistemática y evolución	446	Ensayo 24-4 Dinosaurios microbianos	474
El cladismo y el ideal monofilético	447	El control de las poblaciones de bacterias	474
Ensayo 23-1 Algunos elementos con los que se construye un cladograma	448	En síntesis	475
Otras escuelas sistemáticas	449	Cuestionario	477
La sistemática molecular	450	Capítulo 25 Eukarya I: los protistas, eucariontes heterogéneos	479
Secuenciación de macromoléculas y reloj molecular	450	Historia de una clasificación conflictiva	480
Bioinformática y genómica comparada	451	Recuadro 25-1 Las llamadas algas	481
La clasificación de los reinos y los dominios	451	Mechones de pelos: stramenopilos	483
En síntesis	452	Feofitas o algas pardas	483
Cuestionario	454	Ensayo 25-1 Endosimbiosis secundaria y terciaria	484
Capítulo 24 Bacteria y Archaea: los procariontes	455	Diatomeas o bacilariofitas	485
Los dueños del planeta	455	Mohos acuáticos u oomicetos	485
Un lugar en la historia natural	456	Otros grupos de stramenopilos	486
Ensayo 24-1 En la búsqueda de agentes causales de enfermedad	457	Vesículas de almacenamiento de calcio: los alveolados	486
La clasificación de los procariontes	457	Ciliados o cilióforos	486
Ensayo 24-2 La tercera forma de vida	458	Dinoflagelados	487
La diversidad de los procariontes	458	Apicomplejos o esporozoos	487
El dominio Bacteria	458	Ensayo 25-2 Malaria: una infección parasitaria tropical	488
El dominio Archaea	458	Prolongaciones citoplasmáticas: los rizópodos	489
El hábitat de los procariontes	458	Diferentes pero cercanos: los euglenozoos	489
Características de Bacteria y Archaea	459	Euglenoides	489
El tamaño celular	459	Cinetoplastidos	490
Morfología celular	460	Sin cloroplastos ni mitocondrias: los metamonadinos	490
Organización celular	461	Unicelulares y pluricelulares: micetozoarios	490
Recuadro 24-1 El interés por las Archaea	461	Ensayo 25-3 La enfermedad de Chagas	491
Recuadro 24-2 Bacterias patógenas	463	Recuadro 25-2 Metamonadinos en acción	492
Movilidad	466	Cubiertas porosas: los foraminíferos	492
Mecanismos de orientación	466	Las algas rojas o rodófitas	493
Reproducción y variabilidad genética	466	Un árbol en discusión	494
Energía y nutrición	467	Ensayo 25-4 Los organismos no saben de Reinos	494
Procariontes fotótrofos	467	En síntesis	495
Ensayo 24-3 El uso de antibióticos	468	Cuestionario	496
		Capítulo 26 Eukarya II: el linaje de las algas verdes y las plantas	497
		Numerosos intentos de clasificación	497
		Una visión cladística para la línea verde	498
		Pluricelularidad incipiente y avanzada	498
		De unicelulares a multicelulares: clorofitas y ulvofitas	498
		Tejidos diferenciados: aparece el parénquima	500
		La transición a la tierra	500
		El antecesor de las embriofitas	503
		De poros simples a estomas	503

Sin estomas verdaderos: marcantiofitas	503	Verdaderos animales: eumatozoos	541
Tallos incipientes y tallos conductores	504	Simetría radial: cnidarios y ctenóforos	541
Las briofitas o "musgos"	504	Los hidrozooos, pólipos coloniales	542
Vasos conductores: las traqueofitas	504	Recuadro 28-1 Cuando proliferan las medusas	543
Sin semillas y con semillas	505	Escifozoos, medusas aguavivas	545
Recuadro 26-1 La alternancia de generaciones	506	Antozoos, "flores y arbustos marinos"	545
Filicofitas: los helechos	506	Animales con simetría bilateral	545
La aparición de la semilla	506	Recuadro 28-2 Los arrecifes de coral	546
Semillas con protección y sin ella	507	Platelmintos: gusanos planos	547
Portadoras de conos: coniferofitas	507	Turbelarios, gusanos planos de vida libre	548
Cuando aparece la flor	508	Trematodos y cestodos, parásitos altamente especializados	549
Recuadro 26-2 Gingkofitas y cicadofitas	508	Ensayo 28-2 El problema de la esquistosomiasis	550
En síntesis	513	Boca primitiva: los protóstomos	551
Cuestionario	515	Los moluscos: lofotrocozoos de cuerpo blando	551
Capítulo 27 Eukarya III: el linaje de los hongos	516	Lofotrocozoos segmentados: los anélidos	558
El antecesor hipotético de los hongos y los animales	516	Ecdisozoos con cuerpos articulados: los artrópodos	561
Características de los hongos	517	Ensayo 28-3 Arañas: leyendas y realidades	566
Recuadro 27-1 Superar los límites de la unicelularidad	519	Recuadro 28-3 Comunicación por feromonas	569
Ciclos de vida y estructuras reproductivas	520	Ecdisozoos con cuerpos cilíndricos: los nematodos	569
Quitridiomicetos: hongos con esporas flageladas	520	Recuadro 28-4 Nematodos parásitos del hombre	571
Cigomicetos: reproducción sexual por fusión de gametangios	521	En síntesis	572
Ensayo 27-1 Microorganismos simbiotes en hojas y raíces	522	Cuestionario	575
Ensayo 27-2 ¡Listos, apunten, fuego!	524	Capítulo 29 Eukarya V: el linaje de los animales II	576
Glomeromicetos: simbiotes obligados propagados por clamidosporas	524	Boca secundaria: los deuteróstomos	576
Ascomicetos: esporas sexuales en pequeños sacos	526	Animales espinosos: los equinodermos	576
Basidiomicetos: esporas sexuales sobre basidios	526	Animales con faringe perforada	579
Recuadro 27-2 El pan de la locura	527	Hemicordados: gusanos bellota	580
Recuadro 27-3 Brujas, ovis y hongos	528	Aparición de la notocorda: los cordados	580
Los hongos imperfectos	529	Ensayo 29-1 Origen de los cordados y los vertebrados	582
Recuadro 27-4 Hongos depredadores	530	Animales con soporte interno: los vertebrados	583
Relaciones simbióticas de los hongos	530	Aparición de las mandíbulas: los gnatostomados	583
Los líquenes, colonizadores exitosos	530	Gnatostomados cartilaginosos: los condriictios	583
Micorrizas, una próspera asociación	531	Gnatostomados con hueso: los osteíctios	584
En síntesis	533	Los sarcopterigios en la transición al medio terrestre	584
Cuestionario	534	Recuadro 29-1 Los peces con aletas lobuladas	585
Capítulo 28 Eukarya IV: el linaje de los animales I	535	Doble vida: los anfibios	585
¿Qué son los animales?	535	La aparición del huevo amniota	587
El origen de los animales y su clasificación	536	Escamas y plumas: los saurópsidos	587
Ensayo 28-1 Los vericuetos de la clasificación	537	Pelos y mamas: los mamíferos	587
Animales constituidos por tejidos que se disgregan: las esponjas	539	Reptiles voladores: las aves	587
		Pelos, mamas, molares y orejas: los mamíferos	588
		Recuadro 29-2 Mamíferos en todos los ambientes: corredores, cavadores, arborícolas, voladores y nadadores	589
		En síntesis	591
		Cuestionario	593



Sección 6 Biología de los animales

Capítulo 30 Los tejidos, órganos y sistemas de los vertebrados **595**

Homo sapiens, un vertebrado mamífero **De unicelulares a multicelulares: células y tejidos** **597**

- Por fuera de las células: la matriz extracelular 598
- Las uniones entre células 598
- Un tejido de revestimiento: el tejido epitelial 598
- Tejidos conjuntivos: un grupo diverso 601
- Ensayo 30-1 Evolución de los sistemas de sostén 602
- Movimientos por contracción: el tejido muscular 603
- Recepción, elaboración y transmisión: el tejido nervioso 604

Los órganos y sistemas de órganos **604**

- Ensayo 30-2 Medicina regenerativa, ingeniería de tejidos y stem cells 607

En síntesis **608**

Cuestionario **609**

Capítulo 31 El sistema nervioso: estructura y función **611**

La evolución de los sistemas nerviosos **611**

Importancia del sistema nervioso **613**

La neurona: la unidad estructural y funcional del sistema nervioso **613**

- Recuadro 31-1 Cultivo de neuronas 614

El sistema nervioso de los vertebrados **615**

- El sistema nervioso central: médula espinal y encéfalo 615
- El sistema nervioso periférico: vías sensitivas y motoras 616

El impulso nervioso: una corriente de información **619**

- El potencial de membrana y las señales eléctricas 619
- Las bases iónicas de los potenciales de membrana 620
- Propagación del impulso nervioso 623

La sinapsis: transmisión de información entre neuronas **624**

- Fisiología de las sinapsis químicas 626
- Recuadro 31-2 Transmisión química del impulso nervioso 627

Los transmisores químicos 627

Ensayo 31-1 Opiáceos endógenos: las endorfinas 628

La integración de la información simpática 629

En síntesis **631**

Cuestionario **633**

Capítulo 32 Procesamiento sensorial y respuesta motora **634**

Procesamiento sensorial: la iniciación del impulso nervioso **635**

- Codificación de la información sensorial 635
- Canales de entrada de información: los receptores y las vías sensoriales 635
- La información sensorial y su utilización 636

Los principales sistemas sensoriales de los animales **636**

- El sistema somatosensorial 636
- Los sistemas químicos 637
- Los sistemas auditivo y vestibular 637
- Ensayo 32-1 Comunicación química en los mamíferos 638
- El sistema visual 639

La respuesta a la información: la contracción muscular **641**

- Recuadro 32-1 Conos y bastones 642
- La estructura del músculo esquelético 642
- La maquinaria contráctil de los músculos 644
- La unión neuromuscular 645
- La unidad motora 646
- Integración sensoriomotora durante el movimiento 646
- Recuadro 32-2 Drogas que actúan sobre la unión neuromuscular 647

En síntesis **648**

Cuestionario **649**

Capítulo 33 Procesamiento de la información **651**

El encéfalo de los vertebrados **652**

- Rombencéfalo y mesencéfalo: tronco cerebral y cerebelo 652
- El prosencéfalo: diencefalo y telencefalo 654

La corteza cerebral **655**

- Recuadro 33-1 La neurociencia y sus métodos 657
- Cerebro derecho e izquierdo 657

Procesamiento subcortical **658**

- La formación reticular: conciencia y atención 658
- El sistema límbico: comportamiento instintivo, motivación y emociones 659

Aprendizaje y memoria **660**

- Bases neurofisiológicas de la memoria y el aprendizaje 660

Ensayo 33-1 La enfermedad de Alzheimer	661	Ensayo 35-1 Los enemigos de la buena respiración	692
Funciones cerebrales superiores	661	Transporte e intercambio de gases	693
El lenguaje	662	La hemoglobina, transportador de oxígeno	693
Ensayo 33-2 Percepción, ilusiones y alucinaciones	663	Intercambio de gases con los tejidos	694
Ensayo 33-3 ¿Se puede regenerar el sistema nervioso?	663	La regulación de la ventilación	694
Plasticidad neuronal	665	El control nervioso de la ventilación	694
Modificación sináptica	665	En síntesis	695
Ensayo 33-4 Rita Levi-Montalcini: biografía de una mujer con "factor de crecimiento"	666	Cuestionario	697
En síntesis	667		
Cuestionario	669		
		Capítulo 36 La circulación	698
Capítulo 34 El sistema endocrino	670	Evolución y diversidad de los sistemas cardiovasculares	699
Evolución y diversidad de los sistemas endocrinos	671	Un tejido fluido: la sangre	699
Glándulas endocrinas y hormonas	672	El plasma	699
Centros de integración: el hipotálamo y la hipófisis	673	Las células sanguíneas	699
El eje hipotálamo-hipofisario	673	La coagulación sanguínea	702
La adenohipófisis	675	Una bomba poderosa: el corazón	702
La neurohipófisis	676	El corazón humano	702
La glándula tiroidea: producción de tiroxina y calcitonina	676	Recuadro 36-1 Fases de la coagulación	707
Las paratiroides: producción de parathormona	676	El latido cardíaco	704
Glándulas mixtas: las suprarrenales	677	El corazón como órgano secretor	705
Corteza suprarrenal: glucocorticoides y mineralocorticoides	677	Los vasos sanguíneos	705
Médula suprarrenal: adrenalina y noradrenalina	678	Presión sanguínea y perfusión	705
El páncreas endocrino: control hormonal de la glucemia	678	El centro de regulación cardiovascular	707
La glándula pineal	679	Los capilares y la difusión de sustancias	708
Otros tejidos endocrinos	680	Un sistema recolector: el sistema linfático	708
Otras hormonas y sus funciones	680	Recuadro 36-2 Las enfermedades del corazón y de los vasos sanguíneos	709
Angiotensinas: regulación de la volemia y la presión sanguínea	680	En síntesis	710
Hormonas digestivas y leptina	680	Cuestionario	711
Ensayo 34-1 Ritmos circadianos	681		
Hormonas de acción local: prostaglandinas	682	Capítulo 37 La digestión	712
Mecanismos de acción de las hormonas	682	La evolución de los sistemas digestivos	712
Interacciones entre el sistema endocrino y el nervioso	682	El tubo digestivo de los vertebrados	713
En síntesis	683	Ensayo 37-1 Las preguntas acerca de la digestión	714
Cuestionario	685	Procesamiento inicial del alimento: la boca	
		Deglución: la faringe y el esófago	716
Capítulo 35 La respiración	686	Almacenamiento y licuación: el estómago	716
La difusión de los gases	686	Digestión y absorción: el intestino delgado	718
Evolución y diversidad de los sistemas respiratorios	688	Principales glándulas anexas: páncreas e hígado	719
Características de los órganos respiratorios	688	Recuadro 37-1 El transporte de colesterol	720
El sistema respiratorio humano	690	Control endocrino y nervioso de la función intestinal	720
El mecanismo de la ventilación	691	Recuadro 37-2 El cólera	722
		Absorción ulterior y eliminación: el intestino grueso	722
		La regulación de la glucosa sanguínea	722
		Ensayo 37-2 Por falta y por exceso: problemas nutricionales que persisten	724
		Algunos requerimientos nutricionales	724
		Recuadro 37-3 Los antioxidantes	725
		En síntesis	727
		Cuestionario	728



Capítulo 38 Tasa metabólica y regulación térmica	730	El complejo mayor de histocompatibilidad	760
La tasa metabólica	730	Genes de clase I, II y III	760
Medición de la producción metabólica de calor	730	Sistema de antígenos leucocitarios humanos (HLA) y enfermedad	761
Tasa metabólica y temperatura	731	La respuesta inmunitaria adaptativa	762
Estrategias frente a los cambios de temperatura ambiente	731	Los órganos del sistema inmunitario	762
Los animales termoconformadores	732	Ensayo 40-1 Los hijos de los desaparecidos: de las pruebas de anticuerpos del CMH a las nuevas técnicas de biología molecular	763
Adaptaciones a temperaturas extremas	732	Los linfocitos B y la producción de anticuerpos	764
Recuadro 38-1 La vida en suspensión	733	Una gran diversidad de anticuerpos	764
La regulación de la temperatura corporal	734	Ensayo 40-2 Anticuerpos monoclonales	765
El equilibrio térmico	734	Recuadro 40-3 La paradoja de la inmensa variedad de anticuerpos y el limitado número de genes	766
El hipotálamo: termostato de los mamíferos	734	La función de los anticuerpos	767
Recuadro 38-2 Sistemas de integración y control	735	Los linfocitos T y la inmunidad mediada por células	768
Regulación térmica en el frío	736	Diferenciación de los linfocitos T: células helper que expresan CD4 (CD4+) y células citotóxicas que expresan CD8 (CD8+)	768
Regulación térmica frente al calor	737	Activación de los linfocitos B	770
Tasa metabólica y tamaño corporal	737	Activación de los linfocitos T	770
En síntesis	739	Ensayo 40-3 Certificado de defunción para la viruela	771
Cuestionario	740	Las citocinas en la inmunidad adaptativa	771
Capítulo 39 Excreción y equilibrio hídrico	742	El cáncer y la respuesta inmunitaria	772
La excreción: un proceso de depuración del medio interno	742	El desafío de los trasplantes de tejido	772
Regulación osmótica e iónica: un delicado equilibrio	743	Los trasplantes de órganos	772
Diversidad de los sistemas excretores: una perspectiva evolutiva	743	Las transfusiones de sangre	773
Los problemas del medio terrestre	745	Algunas patologías del sistema inmunitario	774
Excreción de productos nitrogenados	745	Un ataque contra lo propio: enfermedades autoinmunitarias	774
Un órgano excretor muy eficiente: el riñón de los vertebrados	746	Recuadro 40-4 Tolerancia inmunitaria	775
Filtración glomerular	746	Hipersensibilidad: las alergias	775
Reabsorción y secreción tubular	747	Inmunodeficiencias: la enfermedad del SIDA	776
Mecanismo de concentración de la orina	747	Aplicaciones inmunoterapéuticas	777
Control endocrino de la función renal	749	El desarrollo de memoria inmunológica: las vacunas	777
En síntesis	751	Recuadro 40-5 ¿Cómo se transmite el virus HIV?	778
Cuestionario	753	En síntesis	778
Capítulo 40 La respuesta inmunitaria	754	Cuestionario	781
La evolución de los sistemas inmunitarios	754	Capítulo 41 La reproducción	782
Recuadro 40-1 Los antecedentes de la inmunología moderna	755	Tipos de reproducción	782
La respuesta inmunitaria innata	755	Recuadro 41-1 La plasticidad sexual	783
La primera barrera de defensa: la piel y las mucosas	756	El sistema reproductor masculino de los mamíferos	783
Mecanismos de reconocimiento de patógenos: receptores de reconocimiento de patrones y patrones moleculares asociados con los patógenos	757	La formación de los espermatozoides	783
Recuadro 40-2 La inmunología moderna	758	El trayecto de los espermatozoides	785
El componente humoral	758	La erección del pene y el orgasmo en el macho	786
El componente celular	760	El papel de las hormonas sexuales y su regulación	786
		Recuadro 41-2 Esteroides anabólicos	788
		El sistema reproductor femenino de los mamíferos	788
		La formación de los oocitos	788

La reproducción vegetativa: estolones y rizomas	858
Aumento del diámetro: el crecimiento secundario	859
Estructuras fotosintéticas: las hojas	860
Ensayo 44-1 El registro de los anillos	862
Estructura de la hoja	863
Adaptaciones y modificaciones de las hojas	863
En síntesis	866
Cuestionario	868

Capítulo 45 El transporte en las plantas 869

Movimiento de agua y minerales	869
La absorción de agua	869
La pérdida de agua por transpiración	870
Ensayo 45-1 Salinidad: un desafío para el futuro	871
La teoría de la cohesión-tensión	871
El movimiento de los estomas	873
Nutrición de las plantas	875
La composición del suelo y la disponibilidad de nutrientes	875
La absorción de elementos esenciales	876
Ensayo 45-2 Isótopos radiactivos en la investigación vegetal	879
El movimiento de los azúcares: translocación	881
La hipótesis de flujo por presión	881
En síntesis	882
Cuestionario	884

Capítulo 46 El crecimiento y desarrollo en las plantas 885

Mensajeros internos: las hormonas vegetales	885
Las auxinas	886
Ensayo 46-1 Plantas en tubos de ensayo	887
Las citocininas	890
Una hormona gaseosa: el etileno	892
El ácido abscísico en el proceso de desprendimiento de las hojas	893
Las giberelinas	893
La influencia del ambiente en el desarrollo de las plantas	895
La luz, una fuente de información para las plantas	895
Fotoperiodicidad	895
Ritmos circadianos	898
Recuadro 46-1 El reloj circadiano de las plantas	899
Crecimiento y movimientos de las plantas	899
Crecimiento dirigido por estímulos externos: los tropismos	899
Respuestas táctiles de las plantas	900
Comunicación entre las plantas: mensajes químicos	902
Ensayo 46-2 Sistemas de defensa de las plantas	903
En síntesis	903
Cuestionario	904



Sección 8 Ecología

Capítulo 47 Estructura y dinámica de las poblaciones 907

Propiedades de las poblaciones	907
Patrones de crecimiento de la población	908
Recuadro 47-1 Organismos y poblaciones. ¿Dónde están? ¿Cómo se delimita un organismo?	909
Patrones de mortalidad	910
Ensayo 47-1 La explosión de la población humana	911
Estructura de edades	912
Densidad y disposición espacial	913
Estrategias de vida	915
Estrategias r y K	915
Reproducción temprana o tardía	915
La población y su entorno	915
El concepto de nicho ecológico	916
El efecto de la capacidad de carga	916
Competencia entre individuos	917
Dispersión y migración	917
Recuadro 47-2 Metapoblaciones	918
Interacciones entre poblaciones	918
Competencia por recursos escasos entre especies	918
Depredación: interacciones depredador-presa	919
Ensayo 47-2 Depredación y parasitismo: armas naturales para el control biológico de insectos	923
Beneficio recíproco: mutualismo	924
Comensalismo	924
En síntesis	925
Cuestionario	927

Capítulo 48 Interacciones en las Comunidades 928

Estructura y límites de las comunidades	928
Composición específica	929
Riqueza y diversidad	929
Estructura vertical	930
Los límites de la comunidad y los gradientes ambientales	930
Efectos de la interacción entre poblaciones en la comunidad	931
El principio de la exclusión competitiva	931

Ensayo 48-1 Dinámica de parches. ¿Competencia y depredación conducen siempre a un mismo resultado?	935	Ambientes de aguas continentales	978
Depredación y diversidad de especies	936	Los ambientes marinos	981
La comunidad en el tiempo	936	Recuadro 50-4 Corrientes oceánicas	983
¿El equilibrio es el estado natural de las comunidades?	936	Los humedales	983
Los disturbios y las catástrofes	936	La biogeografía histórica	984
Cambios en la composición de la comunidad: sucesión ecológica	938	Migración de los continentes: la deriva continental	985
Acerca del equilibrio y los modelos de sucesión: estado actual del problema	939	Cambios climáticos	985
El modelo biogeográfico de islas	939	Recuadro 50-5 Dos modelos alternativos: dispersión versus vicariancia	986
Recuadro 48-1 Reemplazos de especies	940	Los procesos tectónicos	986
Ensayo 48-2 La conservación y el modelo de la biogeografía de islas	941	Procesos y eventos a gran escala	987
En síntesis	942	La acción humana sobre los ecosistemas	987
Cuestionario	943	En síntesis	988
Capítulo 49 Ecosistemas	944	Cuestionario	990
Los complejos sistemas ecológicos	944	Capítulo 51 Intervenciones humanas y cambios globales	991
La energía y su flujo en los ecosistemas	945	Relaciones naturaleza-sociedad: el medio ambiente	992
La energía solar y la atmósfera	946	Ensayo 51-1 La fragilidad de los ecosistemas polares	993
Ensayo 49-1 La capa de ozono amenazada	947	Ensayo 51-2 El problema del agua	994
La fijación de la energía y los niveles tróficos	948	Ensayo 51-3 La globalización de la biota	996
Ensayo 49-2 Vida sin sol	951	Ensayo 51-4 Lluvia ácida y el deterioro de los bosques	997
Recuadro 49-1 Retención de minerales	953	Recursos y funciones naturales	998
Eficiencia ecológica	954	Recuadro 51-1 ¿Uso racional o uso sustentable?	999
Eficiencia de la transferencia energética	954	Formas de intervención	999
Los movimientos de sustancias inorgánicas: los ciclos biogeoquímicos	955	Extracciones de recursos renovables y no renovables	999
El ciclo del agua	956	Recuadro 51-2 Los saberes y sus usos	1000
Recuadro 49-2 Ecosistemas subsidiados	957	Introducción de especies exóticas	1000
Ciclos gaseosos y ciclos sedimentarios	957	Reemplazos de ecosistemas naturales	1001
Ensayo 49-3 El ciclo del carbono y el efecto invernadero	958	Uso de las funciones naturales	1001
La concentración de elementos	959	Consecuencias de las intervenciones	1001
Ensayo 49-4 Ecología y agricultura: estrategias alternativas para el manejo de agroecosistemas	961	La extinción de especies	1001
La hipótesis Gaia	961	Ensayo 51-5 Ecosistemas agrícolas y un mundo hambriento	1002
En síntesis	962	Desastres naturales	1003
Cuestionario	964	Ensayo 51-6 El impacto de las actividades humanas en la pérdida de biodiversidad: el caso de los caracoles <i>Aylacostoma</i> en Yacyretá	1004
Capítulo 50 La biosfera	965	Recuadro 51-3 Bosques sin pájaros	1005
La vida en tierra firme	965	Contaminación de los ecosistemas	1005
El concepto de bioma	966	Ensayo 51-7 Las lecciones de Chernobyl	1006
Recuadro 50-1 Algo más que un coleccionista	968	En síntesis	1007
Recuadro 50-2 Estratos del bosque	969	Cuestionario	1009
Recuadro 50-3 Estratos de la selva	974	Átomos y moléculas	A-1
La vida en las aguas	979		

Apéndice 2**La química de los seres vivos**

Los hidratos de carbono
Los lípidos
Las proteínas
Los nucleótidos

A-5
A-6
A-7
A-8
A-9

Apéndice 3**Medidas utilizadas en microscopia**

A-11

Apéndice 4**Diccionario de raíces griegas y latinas**

A-13

Lecturas complementarias

L-1

Glosario

G-1

Procedencias de las ilustraciones

P-1

Índice analítico

I-1