

Resumen del contenido

Capítulo 1

Introducción a la Geología 1

Capítulo 2

Tectónica de placas: el desarrollo de una revolución científica 33

Capítulo 3

Materia y minerales 77

Capítulo 4

Rocas ígneas 107

Capítulo 5

Los volcanes y otra actividad ígnea 135

Capítulo 6

Meteorización y suelo 175

Capítulo 7

Rocas sedimentarias 201

Capítulo 8

Metamorfismo y rocas metamórficas 227

Capítulo 9

El tiempo geológico 255

Capítulo 10

Deformación de la corteza 283

Capítulo 11

Los terremotos 307

Capítulo 12

El interior de la Tierra 341

Capítulo 13

Bordes divergentes: origen y evolución del fondo oceánico 361

Capítulo 14

Bordes convergentes: formación de las montañas y evolución de los continentes 395

Capítulo 15

Procesos gravitacionales: la fuerza de la gravedad 425

Capítulo 16

Corrientes de aguas superficiales 445

Capítulo 17

Aguas subterráneas 479

Capítulo 18

Glaciares y glaciaciones 505

Capítulo 19

Desiertos y vientos 537

Capítulo 20

Líneas de costa 559

Capítulo 21

Energía y recursos minerales 589

Capítulo 22

Geología planetaria 623


Apéndice A

Comparación entre unidades métricas y británicas 653

Glosario 655

Índice analítico 677

Índice de contenido

 Este icono del CD-ROM GEODe II aparece cuando un texto se corresponde con una actividad del GEODe II.

Prólogo xxi

Recursos del alumno xxv

Capítulo 1

Introducción a la Geología 1

La Geología 2

La Geología, el hombre y el medio ambiente 2

Algunas reseñas históricas acerca de la Geología 3

Tiempo geológico 5

La datación relativa y la escala de tiempo geológico 5

La magnitud del tiempo geológico 5


Naturaleza de la investigación científica 7

Hipótesis 7

Teoría 8

El método científico 8

La tectónica de placas y la investigación científica 9

 Una visión de la Tierra 9

Hidrosfera 11

Atmósfera 11

Biosfera 11

Tierra sólida 11

La Tierra como un sistema 11


La ciencia del sistema Tierra 11

El sistema Tierra 13

Evolución temprana de la Tierra 14

Origen del planeta Tierra 14


Formación de la estructura en capas de la Tierra 16

 Estructura interna de la Tierra 16

Capas definidas por su composición 16

Capas definidas por sus propiedades físicas 18

¿Cómo sabemos lo que sabemos? 19

 La superficie de la Tierra 19

Principales características de los continentes 21

Principales características del fondo oceánico 23

Las rocas y el ciclo de las rocas 24

Tipos de rocas básicas 24

El ciclo de las rocas: uno de los subsistemas de la Tierra 27

Recuadro 1.1 Entender la Tierra:

El estudio de la Tierra desde el espacio 8

Recuadro 1.2 Entender la Tierra:

¿Se mueven los glaciares? Una aplicación del método científico 10

Capítulo 2

Tectónica de placas: el desarrollo de una revolución científica 33

Deriva continental: una idea que se adelantó a su época 34

Encaje de los continentes 35

Evidencias paleontológicas 37

Tipos de rocas y semejanzas estructurales 39

Evidencias paleoclimáticas 39

El gran debate 40

Rechazo de la hipótesis de la deriva continental 40

La deriva continental y el método científico 41

Deriva continental y paleomagnetismo 41

El campo magnético de la Tierra

y el paleomagnetismo 41


Deriva polar aparente 44

Comienzo de una revolución científica 45

La hipótesis de la expansión del fondo oceánico 45


Inversiones magnéticas: pruebas de la expansión del fondo oceánico 46

La última pieza de un rompecabezas 50

 Tectónica de placas: el nuevo paradigma 51


Principales placas de la Tierra 51

Bordes de placa 54

 Bordes divergentes 54

Las dorsales oceánicas y la expansión del fondo oceánico 55


La fragmentación continental 56

 Bordes convergentes 56

Convergencia oceánica-continental 58

Convergencia oceánica-oceánica 58

Convergencia continental-continental 60

 Bordes de falla transformante (bordes pasivos) 61

Comprobación del modelo de la tectónica de placas 64

Pruebas procedentes de sondeos oceánicos 64

Puntos calientes y plumas del manto 64

Medición del movimiento de las placas 67

El paleomagnetismo y los movimientos de placas 67

Medición de las velocidades de las placas desde el espacio 68

¿Qué impulsa los movimientos de las placas? 69

Fuerzas que impulsan el movimiento de las placas 70

Modelos de convección placas-manto 71

La importancia de la teoría de la tectónica de placas 73

Recuadro 2.1 Entender la Tierra:

Fragmentación de Pangea 36

Recuadro 2.2 Entender la Tierra:

Alfred Wegener (1880-1930): explorador polar y visionario 42

Recuadro 2.3 Entender la Tierra:

La prioridad en la ciencia 47

Recuadro 2.4 Entender la Tierra:

Recogida de muestras del fondo oceánico 65

Capítulo 3

Materia y minerales 77

Minerales: componentes básicos de las rocas 78

Composición de los minerales 80

Estructura atómica 80

Enlace 82

Isótopos y radiactividad 86

Estructura de los minerales 86

Propiedades físicas de los minerales 88

Principales propiedades diagnósticas 88

Otras propiedades de los minerales 91

Grupos minerales 92

Los silicatos 93

El tetraedro silicio-oxígeno 93

Otras estructuras de silicatos 93

Ensamblaje de las estructuras de silicatos 95

Silicatos comunes 95

Los silicatos claros 97

Los silicatos oscuros 99

Minerales no silicatados importantes 100

Recuadro 3.1 El hombre y el medio ambiente:

Hacer cristal a partir de minerales 80

Recuadro 3.2 El hombre y el medio ambiente:

Asbesto: ¿cuáles son los riesgos? 83

Recuadro 3.3 Entender la Tierra:

Piedras preciosas 103

Capítulo 4

Rocas ígneas 107

Magmas: el material de las rocas ígneas 108

Naturaleza de los magmas 108

De los magmas a las rocas 109

Texturas ígneas 110

Factores que afectan al tamaño de los cristales 110

Tipos de texturas ígneas 110

Composiciones ígneas 113

Composiciones graníticas frente a composiciones basálticas 114

Otros grupos composicionales 115

El contenido de sílice como indicador de la composición 115

Denominación de las rocas ígneas 115

Rocas félsicas (graníticas) 117

Rocas intermedias (andesíticas) 120

Rocas máficas (basálticas) 120

Rocas piroclásticas 122

Origen de los magmas 122

Generación de magmas a partir de roca sólida 122

Evolución de los magmas 125

Serie de reacción de Bowen y composición de las rocas ígneas 126

Asimilación y mezcla de magmas 128

Fusión parcial y formación de los magmas 129

Formación de magmas basálticos 130

Formación de magmas andesíticos y graníticos 130

Recuadro 4.1 Entender la Tierra:

Pegmatitas 113

Recuadro 4.2 Entender la Tierra:

Láminas delgadas e identificación de las rocas 116

Recuadro 4.3 Entender la Tierra:

Un acercamiento a la serie de reacción de Bowen 127

Capítulo 5

Los volcanes y otra actividad ígnea 135

Naturaleza de las erupciones volcánicas 137

Factores que afectan a la viscosidad 139

Importancia de los gases disueltos 140

Materiales expulsados durante una erupción 140

Coladas de lava 140

Gases 142

Materiales piroclásticos 142

Estructuras volcánicas y estilos de erupción 143

Anatomía de un volcán 143

Volcanes en escudo 144


Conos de cenizas 146

Conos compuestos 147

Vivir a la sombra de un cono compuesto 149

El continente perdido de la Atlántida 149

Erupción del Vesuvio 79 d.C. 150

- Nubes ardientes: una colada piroclástica mortal* 151
- Lahares: corrientes de barro en conos activos e inactivos* 152
- Otras formas volcánicas 153
 - Calderas* 153
 - Erupciones fisurales y llanuras de lava* 155
 - Domos de lava* 156
 - Chimeneas y pitones volcánicos* 156
-  Actividad ígnea intrusiva 157
 - Naturaleza de los plutones* 158
 - Diques* 159
 - Sills y lacolitos* 159
 - Batolitos* 160
 - Tectónica de placas y actividad ígnea* 161
 - Actividad ígnea en los bordes convergentes de la placa* 162
 - Actividad ígnea en los bordes de placa divergentes* 163
 - Actividad ígnea intraplaca* 166
- ¿Pueden los volcanes cambiar el clima terrestre? 168
 - La premisa básica* 168
 - Tres ejemplos modernos* 169

Recuadro 5.1 Entender la Tierra:

Anatomía de una erupción 138

Recuadro 5.2 El hombre y el medio ambiente:






Crisis volcánica en Montserrat 157

Recuadro 5.3 La Tierra como sistema:

Una posible conexión entre el vulcanismo y el cambio climático en el pasado geológico 169

Capítulo 6

Meteorización y suelo 175

-  Procesos externos de la Tierra 176
-  Meteorización 176
-  Meteorización mecánica 177
 - Fragmentación por el hielo (gelifracción)* 177
 - Descompresión* 177
 - Expansión térmica* 178
 - Actividad biológica* 179
-  Meteorización química 179
 - Disolución* 179
 - Oxidación* 180
 - Hidrólisis* 182
 - Alteraciones causadas por la meteorización química* 183
-  Velocidades de meteorización 184
 - Características de la roca* 184
 - Clima* 185

- Meteorización diferencial* 185
- Suelo 186
 - Una interfase en el sistema Tierra* 186
 - ¿Qué es el suelo?* 186
- Factores formadores del suelo 187
 - Roca madre* 187
 - Tiempo* 188
 - Clima* 188
 - Plantas y animales* 189
 - Topografía* 189
- El perfil del suelo 189
- Clasificación de los suelos 191
- Erosión del suelo 193
 - Cómo se erosiona el suelo* 193
 - Velocidad de erosión* 195
 - Sedimentación y contaminación química* 197

Recuadro 6.1 Entender la Tierra:

El Hombre Viejo de la Montaña 178

Recuadro 6.2 La Tierra como un sistema:

Precipitaciones ácidas: un impacto humano sobre el sistema Tierra 181

Recuadro 6.3 El hombre y el medio ambiente:






Despejar el bosque tropical: impacto en sus suelos 193

Recuadro 6.4 El hombre y el medio ambiente:

Dust Bowl: la erosión del suelo en las Grandes Llanuras 196

Capítulo 7

Rocas sedimentarias 201

-  ¿Qué es una roca sedimentaria? 202
 - Transformación del sedimento en roca sedimentaria: diagénesis y litificación 202
-  Tipos de rocas sedimentarias 203
-  Rocas sedimentarias detríticas 203
 - Lutita* 204
 - Arenisca* 205
 - Conglomerado y brecha* 207
-  Rocas sedimentarias químicas 207
 - Caliza* 208
 - Dolomía* 210
 - Rocas silíceas (sílex)* 211
 - Evaporitas* 211
 - Carbón* 212
- Clasificación de las rocas sedimentarias 212
-  Ambientes sedimentarios 214
 - Tipos de ambientes sedimentarios* 215

- Facies sedimentarias* 220
 Estructuras sedimentarias 221

Recuadro 7.1 La Tierra como sistema:
 El ciclo del carbono y las rocas sedimentarias 209

Recuadro 7.2 La Tierra como sistema:
 El uso de los sedimentos del fondo oceánico para
 aclarar los climas del pasado 218

Recuadro 7.3 Entender la Tierra:
 Naturaleza y distribución de los sedimentos del
 fondo oceánico 220

Capítulo 8

Metamorfismo y rocas metamórficas 227

- Metamorfismo 228
- Factores del metamorfismo 229
 - El calor como factor metamórfico* 229
 - Presión y esfuerzo diferencial* 230
 - Fluidos químicamente activos* 232
 - La importancia del protolito* 233
- Texturas metamórficas 233
 - Foliación* 233
 - Texturas foliadas* 234
 - Otras texturas metamórficas* 236
- Rocas metamórficas comunes 237
 - Rocas foliadas* 237
 - Rocas no foliadas* 240
- Ambientes metamórficos 241
 - Metamorfismo térmico o de contacto* 242
 - Metamorfismo hidrotermal* 242
 - Metamorfismo regional* 243
 - Otros tipos de metamorfismos* 244
- Zonas metamórficas 247
 - Variaciones de textura* 247
 - Minerales índice y grado metamórfico* 247
- Metamorfismo y tectónica de placas 248
 - Ambientes metamórficos antiguos* 250

Recuadro 8.1 Entender la Tierra:
 El metamorfismo de impacto y las tectitas 246

Capítulo 9

El tiempo geológico 255

- La Geología necesita una escala temporal 256
- Datación relativa: principios fundamentales 257

- Ley de la superposición* 257
- Principio de la horizontalidad original* 257
- Principio de intersección* 258
- Inclusiones* 258
- Discontinuidades estratigráficas* 258
- Aplicación de los principios de datación relativa* 251

- Correlación de las capas rocosas 262
- Fósiles: evidencias de vida en el pasado 262
 - Tipos de fósiles* 263
 - Condiciones que favorecen la conservación* 264
 - Fósiles y correlación* 265

- Datación con radiactividad 267
 - Repaso de la estructura básica del átomo* 267
 - Radiactividad* 267
 - Período de semidesintegración* 270
 - Datación radiométrica* 271
 - Datación con carbono-14* 272
 - Importancia de la datación radiométrica* 274

- Escala de tiempo geológico 274
 - Estructura de la escala temporal* 274
 - El Precámbrico* 277

Dificultades para datar la escala de tiempo geológico 278

Recuadro 9.1 Entender la Tierra:
 Aplicación de los principios de datación relativa en la superficie lunar 262

Recuadro 9.2 Entender la Tierra:
 El yacimiento de Burgess Shale 265

Recuadro 9.3 El hombre y el medio ambiente:
 El radón 268

Recuadro 9.4 Entender la Tierra:
 Utilización de los anillos de los árboles para la datación y el estudio del pasado reciente 272

Recuadro 9.5 La Tierra como sistema:
 La desaparición de los dinosaurios 276

Capítulo 10

Deformación de la corteza 283

Geología estructural: estudio de la arquitectura terrestre 284

- Deformación 284
 - Fuerza y esfuerzo* 284
 - Tipos de esfuerzo* 285
 - Deformación* 286
 - Cómo se deforman las rocas* 286

- Cartografía de las estructuras geológicas 288
 - Dirección y buzamiento* 290

- Pliegues 291
 - Tipos de pliegues* 292
 - Domos y cubetas* 294
- Fallas 295
 - Fallas con desplazamiento vertical* 296
 - Fallas de desplazamiento horizontal* 299
- Diaclasas 301

Recuadro 10.1 Entender la Tierra:

Denominación de las unidades rocosas locales 289

Recuadro 10.2 El hombre y el medio ambiente:

El sistema de fallas de San Andrés 302

Capítulo 11

Los terremotos 307

- ¿Qué es un terremoto? 308
 - Terremotos y fallas* 309
 - Rebote elástico* 310
 - Sismos precursores y réplicas* 310
- Ruptura y propagación de un terremoto 310
- La falla de San Andrés: una zona sísmica activa 312
- Sismología 313
- Localización de un terremoto 315
 - Cinturones sísmicos* 317
 - Profundidad de los focos* 318
- Medición de las dimensiones sísmicas 318
 - Escala de intensidad* 320
 - Escala de magnitud* 321
- Destrucción causada por los terremotos 324
 - Destrucción causada por las vibraciones sísmicas* 325
 - Tsunamis* 327
 - Deslizamientos y subsidencia del terreno* 328
 - Incendios* 329
- ¿Pueden predecirse los terremotos? 331
 - Predicciones a corto plazo* 331
 - Pronósticos a largo plazo* 332
- Terremotos: pruebas de la tectónica de placas 335

Recuadro 11.1 El hombre y el medio ambiente:

Terremotos al este de las Rocosas 319

Recuadro 11.2 Entender la Tierra:

Amplificación de las ondas y riesgos sísmicos 326

Recuadro 11.3 El hombre y el medio ambiente:

El sistema de aviso de los tsunamis 329

Recuadro 11.4 Entender la Tierra:

Un terremoto importante en Turquía 333

Capítulo 12

El interior de la Tierra 341

- Sondeo del interior de la Tierra 342
 - Naturaleza de las ondas sísmicas* 342
- Ondas sísmicas y estructura de la Tierra 343
 - Capas definidas por su composición* 344
 - Capas definidas por sus propiedades físicas* 344
- Descubrimiento de los límites principales de la Tierra 346
 - Discontinuidad de Mohorovicic* 346
 - Límite núcleo-manto* 348
 - Descubrimiento del núcleo interno* 348
- La corteza 349
- El manto 351
- El núcleo 352
 - Densidad y composición* 353
 - Origen* 353
 - El campo magnético terrestre* 353
- La máquina térmica del interior de la Tierra 355
 - Flujo de calor en la corteza* 355
 - Convección del manto* 355

Recuadro 12.1 Entender la Tierra:

Inge Lehmann: una geofísica pionera 350

Recuadro 12.2 Entender la Tierra:

¿Por qué la Tierra tiene un campo magnético? 354

Recuadro 12.3 Entender la Tierra:

Tomografía sísmica del manto 356

Capítulo 13

Bordes divergentes: origen y evolución del fondo oceánico 361

- Imagen del fondo oceánico 362
 - Cartografía del fondo oceánico* 362
 - Observación del fondo oceánico desde el espacio* 363
 - Provincias del fondo oceánico* 364
- Márgenes continentales 365
 - Márgenes continentales pasivos* 367
 - Márgenes continentales activos* 368
- Características de las cuencas oceánicas profundas 368
 - Fosas submarinas* 369
 - Llanuras abisales* 369
 - Montes submarinos, guyots y llanuras oceánicas* 370
- Anatomía de una dorsal oceánica 371
- Origen de la litosfera oceánica 374
 - Expansión del fondo oceánico* 375

¿Por qué las dorsales oceánicas están elevadas? 375
 Velocidades de expansión y topografía de las dorsales 376

Estructura de la corteza oceánica 376
 Formación de la corteza oceánica 377
 Interacción entre el agua marina y la corteza oceánica 379

Ruptura continental: el nacimiento de una nueva cuenca oceánica 380
 Evolución de una cuenca oceánica 380
 Mecanismos de ruptura continental 382

Destrucción de la litosfera oceánica 384
 ¿Por qué la litosfera oceánica subduce? 385
 Placas en subducción: la desaparición de una cuenca oceánica 386

Apertura y cierre de cuencas oceánicas: el ciclo del supercontinente 387
 Antes de Pangea 388
 La tectónica de placas en el futuro 388

Recuadro 13.1 Entender la Tierra:
 Susan DeBar: una carrera en Geología 366

Recuadro 13.2 Entender la Tierra:
 Explicación de los atolones de coral: la hipótesis de Darwin 372

Recuadro 13.3 La Tierra como sistema:
 Las biocomunidades de las chimeneas hidrotermales submarinas: ¿la primera vida terrestre? 379

Capítulo 14

Bordes convergentes: formación de las montañas y evolución de los continentes 395

- F**ormación de las montañas 396
- Convergencia y subducción de placas 397
 - Principales estructuras de las zonas de subducción 397
 - Dinámica en las zonas de subducción 399
- Subducción y formación de montañas 400
 - Arco insular 400
 - Formación de montañas a lo largo de los bordes de tipo andino 401
 - Sierra Nevada y las sierras litorales 403
- C**olisiones continentales 405
 - Himalaya 406
 - Apalaches 408
- T**erranes y formación de montañas 411
 - La naturaleza de los terranes 411
 - Acreción y orogénesis 412

- Montañas de bloque de falla 414
 - Provincia Basin and Range 414
- Movimientos verticales de la corteza 415
 - Isostasia 415
 - Convección del manto: un motivo del movimiento vertical de la corteza 418
- Origen y evolución de los continentes 419
 - Los primeros continentes de la Tierra 419
 - Cómo crecen los continentes 419

Recuadro 14.1 Entender la Tierra:
 Terremotos en el noroeste del Pacífico 400

Recuadro 14.2 Entender la Tierra:
 El sur de las Rocosas 411

Recuadro 14.3 Entender la Tierra:
 ¿Las montañas tienen raíces? 416

Capítulo 15

Procesos gravitacionales: la fuerza de la gravedad 425

- Un desastre provocado por un deslizamiento en Perú 426
- Procesos gravitacionales y desarrollo de las formas del terreno 426
 - Papel de los procesos gravitacionales 427
 - Las pendientes cambian con el tiempo 427
- C**ontrols y desencadenantes de los procesos gravitacionales 427
 - Papel del agua 427
 - Pendientes sobreempinadas 428
 - Eliminación de la vegetación 428
 - Terremotos como desencadenantes 429
 - ¿Deslizamientos sin desencadenantes? 430
- Clasificación de los procesos gravitacionales 430
 - Tipo de material 430
 - Tipo de movimiento 430
 - Velocidad de movimiento 432
- D**esplomes 434
- D**eslizamiento de rocas 434
- F**lujo de derrubios 436
 - Flujos de derrubios en las regiones semiáridas 436
 - Labares 436
- F**lujos de tierra 439
- M**ovimientos lentos 439
 - Reptación 439
 - Soliflucción 440
- Deslizamientos submarinos 442

Recuadro 15.1 El hombre y el medio ambiente:

El desastre de la presa de Vaiont 429

Recuadro 15.2 El hombre y el medio ambiente:


Control a tiempo real de los deslizamientos activos 433

Recuadro 15.3 El hombre y el medio ambiente:



Flujos de derrubios en los abanicos aluviales: estudio de un caso de Venezuela 437

Recuadro 15.4 Entender la Tierra:

El paisaje del delicado permafrost 441

Capítulo 16**Corrientes de aguas superficiales 445** **La Tierra como sistema: el ciclo hidrológico 446**

Las aguas de escorrentía 448

 **Flujo de corriente 448***Gradiente y características del cauce 449**Caudal 450* **Cambios de corriente arriba a corriente abajo 450**


Nivel de base y corrientes en equilibrio 452

Erosión de las corrientes fluviales 454


Transporte del sedimento por las corrientes 454

*Carga disuelta 454**Carga suspendida 455**Carga de fondo 455**Capacidad y competencia 456*

Depósitos de sedimentos por las corrientes fluviales 456

*Depósitos de canal 456**Depósitos de llanura de inundación 458**Abanicos aluviales y deltas 459* **Valles fluviales 463***Valles estrechos 463**Valles anchos 464*

Meandros encajados y terrazas fluviales 466

 **Redes de drenaje 468***Modelos de drenaje 468**Erosión remontante y captura 470**Formación de una garganta 470*




Inundaciones y control de la inundación 471

*Causas y tipos de inundaciones 472**Control de inundaciones 474***Recuadro 16.1 El hombre y el medio ambiente:**

Las zonas húmedas costeras desaparecen del delta del Mississippi 462

Recuadro 16.2 El hombre y el medio ambiente:


Avenidas 473

Capítulo 17**Aguas subterráneas 479** **Importancia de las aguas subterráneas 480** **Distribución de las aguas subterráneas 481** **El nivel freático 481***Variaciones en el nivel freático 481**Interacción entre las aguas subterráneas y las aguas corrientes 483*

Factores que influyen en el almacenamiento y la circulación de las aguas subterráneas 485

*Porosidad 485**Permeabilidad, acucluidos y acuíferos 485*

Circulación de las aguas subterráneas 486

 **Manantiales o fuentes 487**

Fuentes termales y géiseres 488

 **Pozos 490** **Pozos artesianos 491**

Problemas relacionados con la extracción del agua subterránea 493

*Tratamiento del agua subterránea como un recurso no renovable 493**Subsistencia 494**Contaminación salina 494*

Contaminación del agua subterránea 497

El trabajo geológico del agua subterránea 499

*Cavernas 499**Topografía kárstica 500***Recuadro 17.1 La Tierra como sistema:**

El impacto de la sequía en el sistema hidrológico 484

Recuadro 17.2 El hombre y el medio ambiente:


El acuífero de Ogallala: ¿cuánto va a durar el agua? 495

Recuadro 17.3 El hombre y el medio ambiente:

Subsistencia del terreno en el valle de San Joaquín 496

Capítulo 18**Glaciares y glaciaciones 505**

Los glaciares: una parte de dos ciclos básicos 506

 **Tipos de glaciares 506***Glaciares de valle (alpinos) 506**Glaciares de casquete 506**Otros tipos de glaciares 506**¿Qué pasaría si se fundiera el hielo? 509*

Formación del hielo glacial 510

 **Movimientos de un glaciar 510***Velocidades de movimiento de un glaciar 512**Balance de un glaciar 512*

Erosión glacial 514

- ☞ Formas creadas por la erosión glaciár 514
 - Valles glaciares* 516
 - Aristas y horns* 517
 - Rocas aborregadas* 517
- ☞ Depósitos glaciares 517
 - Formas compuestas por tills 519
 - Morrenas laterales y centrales* 519
 - Morrenas terminales y de fondo* 520
 - Drumlins* 522
 - Formas constituidas por derrubios glaciares estratificados 524
 - Llanuras aluviales y «valley trains»* 524
 - Depósitos en contacto con el hielo* 525
- La teoría glaciár y el período glaciár cuaternario 525
- Algunos efectos indirectos de los glaciares del período glaciár cuaternario 526
- Causas de las glaciaciones 530
 - Tectónica de placas* 530
 - Variaciones en la órbita de la Tierra* 532

- Recuadro 18.1 Entender la Tierra:**
El derrumbamiento de los casquetes polares del Antártico 508
- Recuadro 18.2 Entender la Tierra:**
Los ríos antes y después del período glaciár cuaternario 528
- Recuadro 18.3 Entender la Tierra:**
El hielo glaciár: un almacén de datos climáticos 531

Capítulo 19

Desiertos y vientos 537

- ☞ Distribución y causas de las regiones secas 538
 - Desiertos de latitudes bajas* 538
 - Desiertos de latitudes medias* 540
- ☞ Procesos geológicos en climas áridos 543
 - Meteorización* 543
 - Papel del agua* 543
- ☞ «Basin and Range»: la evolución de un paisaje desértico 544
 - Transporte de sedimentos por el viento 546
 - Carga de fondo* 547
 - Carga en suspensión* 548
- ☞ Erosión eólica 548
 - Deflación, depresiones de deflación y pavimento desértico* 548
 - Ventifactos y yardangs* 551
- ☞ Depósitos eólicos 552
 - Depósitos de arena* 552
 - Tipos de dunas de arena* 554
 - Depósitos de loess (limo)* 555

- Recuadro 19.1 Entender la tierra:**
¿Qué se entiende por «seco»? 539
- Recuadro 19.2 El hombre y el medio ambiente:**
La desaparición del mar de Aral 542
- Recuadro 19.3 Entender la Tierra:**
El monte Uluru de Australia 547
- Recuadro 19.4 El hombre y el medio ambiente:**
Los desiertos se están expandiendo 550

Capítulo 20

Líneas de costa 559

- La línea de costa: una interfase dinámica 560
- La zona costera 560
- ☞ Olas 562
 - Características de las olas* 562
 - Movimiento orbital circular* 563
 - Olas en la zona de rompiente* 563
- ☞ Erosión causada por las olas 564
 - Movimiento de la arena de la playa 565
 - Movimiento perpendicular a la línea de costa* 565
 - Refracción de las olas* 568
 - Deriva y corrientes litorales* 569
 - Características de la línea de costa 570
 - Formas de erosión* 570
 - Formas deposicionales* 571
 - El litoral en desarrollo* 572
- ☞ Estabilización de la costa 572
 - Estabilización firme* 573
 - Alternativas a la estabilización dura* 576
 - Problemas de erosión a lo largo de las costas estadounidenses* 577
- Clasificación de las costas 579
 - Costas de emersión* 581
 - Costas de inmersión* 581
- Mareas 582
 - Causas de las mareas* 583
 - Ciclo mensual de las mareas* 583
 - Modelos mareales* 583
 - Corrientes mareales* 584
 - Mareas y rotación de la Tierra* 585

- Recuadro 20.1 El hombre y el medio ambiente:**
Los huracanes: el máximo peligro en la costa 566
- Recuadro 20.2 El hombre y el medio ambiente:**
La mudanza del siglo: la recolocación del faro del cabo Hatteras 578
- Recuadro 20.3 El hombre y el medio ambiente:**
La vulnerabilidad de la costa a la elevación del nivel del mar 580

Capítulo 21

Energía y recursos minerales 589

Recursos renovables y no renovables 591

Recursos energéticos 591

Carbón 592

Petróleo y gas natural 594

Formación del petróleo 594

Trampas petrolíferas 594

Algunos efectos ambientales de la combustión de los combustibles fósiles 596

Contaminación del aire urbano 596

El dióxido de carbono y el calentamiento global 596

Arenas asfálticas y lutitas bituminosas: ¿petróleo para el futuro? 601

Arenas asfálticas 601

Lutitas bituminosas 602

Fuentes de energía alternativas 603

Energía nuclear 603

Energía solar 604

Energía eólica 605

Energía hidroeléctrica 606

Energía geotérmica 607

Energía mareal 608

Recursos minerales 609

Recursos minerales y procesos ígneos 611

Segregación magmática 611

Diamantes 612

Soluciones hidrotermales 612

Recursos minerales y procesos metamórficos 613

Meteorización y yacimientos de menas 614

Bauxita 615

Otros depósitos 615

Depósitos de placeres 615

Recursos minerales no metálicos 616

Materiales de construcción 616

Minerales industriales 617

Recuadro 21.1 Entender la Tierra:

Hidratos de gas: un combustible procedente de los sedimentos del fondo oceánico 592

Recuadro 21.2 El hombre y el medio ambiente:

Aerosoles procedentes del «Volcán humano» 598

Recuadro 21.3 Entender la Tierra:

Bingham Canyon, Utah: la mayor mina de fosa abierta 611

Capítulo 22

Geología planetaria 623

Los planetas: una visión de conjunto 625

El interior de los planetas 625

Las atmósferas de los planetas 626

La Luna 627

La superficie lunar 627

Historia lunar 631

Los planetas: características generales 631

Mercurio, el planeta más interno 631

Venus, el planeta velado 632

Marte, el planeta rojo 633

Júpiter, el señor del cielo 636

Saturno, el planeta elegante 638

Urano y Neptuno, los gemelos 641

Plutón, el planeta X 642

Cuerpos menores del Sistema Solar 643

Asteroides: microplanetas 643

Cometas 644

Meteoritos 647

Recuadro 22.1 Entender la Tierra:

Pathfinder: el primer geólogo en Marte 634

Recuadro 22.2 Entender la Tierra:

¿Es Plutón realmente un planeta? 643

Recuadro 22.3 La Tierra como sistema:

¿Está la Tierra en una dirección de colisión? 645

Apéndice A

Comparación entre unidades métricas y británicas 653

Glosario 655

Índice analítico 677

Prólogo

La Tierra es una parte *muy* pequeña de un vasto universo, pero es nuestro hogar. Proporciona los recursos que sostienen nuestra sociedad moderna y los ingredientes necesarios para mantener la vida. Por consiguiente, el conocimiento y la comprensión de nuestro planeta son cruciales para nuestro bienestar social y, de hecho, son vitales para nuestra supervivencia. La Geología contribuye mucho a nuestra comprensión del Planeta Tierra.

Las publicaciones de los medios de comunicación nos recuerdan a menudo las fuerzas geológicas que actúan en nuestro planeta. Las noticias de los informativos retratan gráficamente la fuerza violenta de una erupción volcánica, la devastación general causada por un terremoto de gran intensidad y el gran número de personas que se quedan sin hogar a causa de los desprendimientos de tierra e inundaciones. Acontecimientos como éstos, y otros muchos, son destructivos para la vida y las propiedades y debemos aprender a afrontarlos. Además, también se tratan muchos temas ambientales básicos que tienen un componente geológico significativo. De ello son ejemplos la contaminación del agua subterránea, la erosión del suelo y los numerosos impactos generados por la extracción de recursos minerales y energéticos. La comprensión de estos acontecimientos y el intento de encontrar soluciones a los problemas relacionados con ellos precisa conocer los principios científicos que influyen en nuestro planeta, sus rocas, montañas, atmósfera y océanos.

La octava edición de *Ciencias de la Tierra: una introducción a la Geología física*, como sus predecesoras, es un texto universitario significativo para estudiantes que realizan un primer curso de Geología. Además de ser informativo y estar actualizado, uno de los principales objetivos de *Ciencias de la Tierra* es satisfacer las necesidades de los estudiantes de disponer de un texto fácil de leer y de utilizar, un libro que sea una «herramienta» muy utilizable para el aprendizaje de los principios y los conceptos básicos de la Geología.

Organización revisada

En ediciones anteriores de *Ciencias de la Tierra* se utilizó una organización más tradicional, en la que la teoría de la tectónica de placas se desarrollaba por completo al final del texto. En la octava edición de *Ciencias de la Tierra* un cambio importante es una reorganización en la que esta teoría representa un papel fundamental y unificador. Así, esta nueva edición de *Ciencias de la Tierra* es más que una

simple versión actualizada de versiones anteriores. Se ha reorganizado para reflejar el papel unificador que la teoría de la tectónica de placas representa en nuestra comprensión del planeta Tierra.

Desde finales de los años 60, los científicos han observado que la capa externa de la Tierra está fragmentada en segmentos denominados *placas*. Impulsadas por el calor procedente del interior de la Tierra, estas enormes placas se desplazan gradualmente unas en relación con las otras. Donde las masas continentales se separan, se crean nuevas cuencas oceánicas. Mientras tanto, las antiguas porciones de fondo oceánico se vuelven a sumergir en el interior de la Tierra. Estos movimientos generan terremotos, provocan la formación de volcanes y la creación de las principales cordilleras montañosas de la Tierra. En el Capítulo 1 se presenta una introducción a la Geología, seguida de un vistazo a la naturaleza de la investigación científica y una exposición sobre el nacimiento y la evolución inicial del planeta Tierra. A continuación, en el Capítulo 2, se relata el desarrollo histórico de la teoría de la tectónica de placas como ejemplo de cómo funciona la ciencia y cómo trabajan los científicos. Inmediatamente después, se expone una visión de conjunto de la teoría de la tectónica de placas. La comprensión básica de este modelo del funcionamiento de la Tierra ayudará a los estudiantes en la exploración de los numerosos fenómenos comentados en los capítulos siguientes.

Una vez establecido firmemente el marco básico de la tectónica de placas, pasamos a estudiar los materiales de la Tierra y los procesos relacionados, el vulcanismo, el metamorfismo y la meteorización. A lo largo de este recorrido, los estudiantes verán claramente las relaciones entre estos fenómenos y la teoría de la tectónica de placas. A continuación, se presentan con detalle los conceptos fundamentales del tiempo geológico seguidos de una exploración de los terremotos, la estructura interna de la Tierra y los procesos de deformación de las rocas.

Volvemos a tratar la tectónica de placas en los Capítulos 13 y 14. En estos capítulos se amplían las exposiciones anteriores al considerar la naturaleza de los principales rasgos físicos de la Tierra: las cuencas oceánicas y los continentes. En el Capítulo 13 se explora el origen y la estructura del fondo oceánico. Se pide a los estudiantes que examinen cómo se genera el fondo oceánico, por qué se destruye constantemente y qué pistas puede proporcionar sobre los acontecimientos ocurridos en épocas anteriores de la historia de la Tierra. En el Capítulo 14

se considera el papel de la tectónica de placas en la formación de las principales cordilleras montañosas y se concluye con una mirada al origen y la evolución de los continentes. Después de esta exploración de los rasgos a gran escala de la Tierra, examinamos el trabajo geológico de la gravedad, el agua, el viento y el hielo. Son estos procesos los que modifican y esculpen la superficie de la Tierra, creando muchas de sus variadas formas. Por último, el texto concluye con capítulos relativos a los recursos naturales y el Sistema Solar.

Como en ediciones previas de este texto, hemos diseñado cada capítulo como una unidad independiente, de modo que se pueda enseñar el material en una secuencia distinta según las preferencias del instructor o los dictados del laboratorio. Por tanto, el instructor que desee comentar los procesos erosivos antes que los terremotos, la tectónica de placas y la formación de montañas puede hacerlo sin ninguna dificultad.

Características distintivas

Facilidad de lectura

El lenguaje de este libro es directo y está escrito para entenderse con facilidad. Se ha procurado que los comentarios sean claros y de fácil lectura, con un mínimo de lenguaje técnico. Los títulos y subtítulos frecuentes ayudan a los estudiantes a seguir el argumento y a identificar las ideas importantes presentadas en cada capítulo. En esta octava edición se ha conseguido una mayor facilidad de lectura al examinar la organización y el flujo de los capítulos y al escribir en un estilo más personal. Hay grandes secciones del libro que se han vuelto a escribir prácticamente en un esfuerzo por hacer más comprensible el material.

Ilustraciones y fotografías

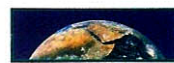
La Geología es muy visual. Por consiguiente, las fotografías y el material gráfico son una parte muy importante de un libro introductorio. *Ciencias de la Tierra, octava edición*, contiene docenas de fotografías de gran calidad que fueron cuidadosamente seleccionadas para ayudar a comprender, añadir realismo y estimular el interés del lector.

Las ilustraciones de cada nueva edición de *Ciencias de la Tierra* van siendo cada vez mejores. En la octava edición se han vuelto a diseñar más de 100 gráficos. Las nuevas figuras ilustran las ideas y los conceptos de forma más clara y realista que en ninguna de las ediciones anteriores. El programa artístico fue llevado a cabo por Dennis Tasa, un artista con talento y afamado ilustrador de las ciencias de la Tierra.

Hincapié en el aprendizaje

Cuando finaliza un capítulo, tres apartados útiles ayudan a los estudiantes a repasar. En primer lugar, el *Resumen del capítulo* recapitula todos los puntos importantes, luego hay una lista de *Términos fundamentales* con referencia a la página donde se citan. Se cierra cada capítulo con un recordatorio para visitar la Guía de estudio en línea de *Ciencias de la Tierra, octava edición* (<http://www.librosite.net/tar-buck>), que contiene excelentes y abundantes oportunidades para repasar y explorar.

La Tierra como un sistema



Un aspecto importante de la ciencia moderna ha sido el descubrimiento de que la Tierra es un sistema multidimensional gigante. Nuestro planeta consta de muchas partes separadas, pero interactuantes. Un cambio en una parte puede producir cambios en otra o en todas las demás, a menudo de maneras que no son obvias ni evidentes inmediatamente. Aunque no es posible estudiar el sistema entero de una vez, es posible desarrollar un conocimiento y apreciación del concepto y de muchas de las interrelaciones importantes del sistema. Por tanto, empezando con una amplia exposición en el Capítulo 1, se repite el tema de «La Tierra como sistema» en lugares oportunos a lo largo del libro. Es un hilo que «se teje» a lo largo de los capítulos y que ayuda a unirlos.

Varios recuadros de especial interés, nuevos y revisados, se refieren a «La Tierra como sistema». Para recordar al lector este tema importante, se utiliza el pequeño icono que puede ver al principio de esta sección para marcar estos recuadros.

El hombre y el medio ambiente



Dado que es necesario conocer nuestro planeta y cómo funciona para nuestra supervivencia y bienestar, el tratamiento de los temas medioambientales y de recursos ha sido siempre una parte importante de *Ciencias de la Tierra*. Estos aspectos sirven para ilustrar la importancia y la aplicación del conocimiento geológico. Con cada nueva edición, se ha ido poniendo cada vez mayor énfasis en este punto, lo cual es especialmente cierto en esta octava edición. El texto integra una gran cantidad de información sobre la relación entre las personas y el medio ambiente y explora la aplicación de la Geología para comprender y resolver problemas que surgen de esas interacciones.

Además de los muchos aspectos básicos del texto, en 22 de los recuadros de especial interés del texto, que se reconocen fácilmente por el icono distintivo que puede verse al principio de esta sección, se aborda el tema «Las personas y el medio ambiente».

Entender la Tierra



Como miembros de una sociedad moderna, se nos está recordando constantemente los beneficios derivados de la ciencia. Pero, ¿cuál es la naturaleza exacta de la investigación científica? Llegar a comprender cómo se hace la ciencia y cómo trabajan los científicos es otro tema importante que aparece a lo largo de este libro, empezando con la sección sobre «La naturaleza de la investigación científica» del Capítulo 1. Los estudiantes examinarán algunas de las dificultades que los científicos afrontan al intentar obtener datos fiables sobre nuestro planeta y algunos de los ingeniosos métodos que se han desarrollado para superar estas dificultades. Los estudiantes también explorarán muchos ejemplos de cómo se formulan y se prueban las hipótesis a la vez que aprenderán la evolución y el desarrollo de algunas de las principales teorías científicas. Muchos comentarios del texto, así como algunos de los recuadros de especial interés sobre «Entender la Tierra» permiten al lector identificar las técnicas de observación y los procesos de razonamiento que intervienen en el desarrollo del conocimiento científico. El énfasis no se pone sólo en lo que saben los científicos, sino en cómo lo dejaron.

Más sobre la octava edición

La octava edición de *Ciencias de la Tierra* representa una revisión exhaustiva. Todas las partes del libro se examinaron con sumo cuidado con el doble objetivo de mantener los temas actuales y mejorar la claridad de la exposición del texto. Además de los cambios reorganizativos que ya se han descrito, también debe destacarse que los tres capítulos centrados en la tectónica de placas (Capítulos 2, 13 y 14) se reescribieron por completo para reflejar los últimos avances e ideas en esta dinámica área de la Geología.

Quienes conocen las ediciones anteriores de *Ciencias de la Tierra* también encontrarán muchos otros cambios en la octava edición. A continuación les damos algunos ejemplos:

- **GEODE:** CD-ROM de *Ciencias de la Tierra*. Cada ejemplar de *Ciencias de la Tierra*, octava edición, viene acompañado por esta herramienta de aprendizaje para el estudiante considerablemente revisada y ampliada. ¿Qué hay de nuevo? Desde la perspectiva de la organización, *GEODE: Ciencias de la Tierra* tiene ahora una estructura por capítulos para ajustarse a los Capítulos del 1 al 20 del libro. Además, el tratamiento de la tectónica de placas se ha revisado por completo y se ha ampliado de una manera considerable. Se han añadido además

todos los nuevos capítulos sobre «Meteorización y Suelo» (Capítulo 6) y «Procesos gravitacionales» (Capítulo 15). Cada capítulo de *GEODE* acaba con una prueba de revisión que consiste en preguntas formuladas al azar para ayudar a los estudiantes a revisar los conceptos básicos.

- Veintiuno de los recuadros de especial interés son nuevos. Todos tienen el objetivo de reforzar los temas de «La Tierra como sistema», «El hombre y el medio ambiente» y «Entender la Tierra». El mayor número de recuadros nuevos (12) se dedica a este último.
- El Capítulo 1, Introducción a la Geología, ofrece una sección ampliada sobre «La Tierra como sistema» que incluye nuevo material sobre sistemas abiertos y cerrados y los mecanismos de realimentación. Además, el texto sobre «Las rocas y el ciclo de las rocas» se ha ampliado para proporcionar los conocimientos básicos necesarios para el Capítulo 2.
- El Capítulo 3, «Materia y minerales», incluye más de una docena de nuevas ilustraciones y dibujos con el fin de ayudar a los estudiantes a visualizar mejor los que a veces pueden ser conceptos difíciles como el enlace, la estructura cristalina y las propiedades minerales.
- El Capítulo 8, «Metamorfismo y rocas metamórficas», contiene textos revisados y reescritos sobre «El calor como agente metamórfico», «La presión y el esfuerzo diferencial» y «El metamorfismo regional».
- El Capítulo 9, «El tiempo geológico», incluye un apartado ampliado de «Fósiles: pruebas de una vida pasada».
- Varios capítulos relativos a los procesos erosivos contienen textos nuevos o considerablemente revisados. Son ejemplos de ello «Las inundaciones y su control» (Capítulo 16), «El movimiento de las aguas subterráneas» (Capítulo 17), «La zona costera» y «Estabilización de la costa» (Capítulo 20).
- Un tratamiento ampliado y actualizado de «El dióxido de carbono y el calentamiento global», «La energía eólica» y «La energía geotérmica» puede encontrarse en el Capítulo 21, Energía y recursos minerales.

El CD-ROM GEODE: Ciencias de la Tierra

Cada ejemplar de *Ciencias de la Tierra*, octava edición, va acompañado de *GEODE: Ciencias de la Tierra*, de Ed Tarbuck, Fred Lutgens y Dennis Tasa de Tasa Graphic Arts, Inc. *GEODE: Ciencias de la Tierra* es un programa dinámi-

co que refuerza los conceptos clave mediante animaciones, clases y ejercicios interactivos. Esta nueva versión ha sido ampliada y sustancialmente reorganizada con el fin de que el contenido se relacione de una manera más estrecha con el contenido del texto. Un icono especial de *GEODE: Ciencias de la Tierra* aparece a lo largo del libro cuando un tema tratado en el texto tiene una actividad *GEODE* correspondiente. Esta oferta especial proporciona a los estudiantes dos productos valiosos (*GEODE: Ciencias de la Tierra* y el libro de texto) por el precio de uno.

Agradecimientos

Escribir un libro de texto universitario requiere el talento y la cooperación de muchas personas. Trabajar con Dennis Tasa, que es responsable de todas las extraordinarias ilustraciones y de gran parte del trabajo de desarrollo de *GEODE: Ciencias de la Tierra*, es siempre algo especial para nosotros. No sólo valoramos su talento e imaginación artísticos, sino también su amistad.

Expresamos nuestro agradecimiento sincero a aquellos colegas que prepararon revisiones exhaustivas. Sus comentarios críticos y su aportación ayudaron a guiar nuestro trabajo y fortalecieron de una manera clara el texto. Agradecemos también en especial al profesor Alan Golding su extensa revisión del Capítulo 6. También queremos expresar nuestro agradecimiento a:

Anne Argast, Indiana-Purdue Fort Wayne; Richard Ashmore, Texas Tech University; James E. Barrick, Texas Tech University; Raymond E. Beiersdorfer, Youngstown State University; Michael P. Bunds, Utah Valley State College; Mark J. Camp, University of Toledo; Richard C. Capps, Augusta State University; Oliver Christen, San José City College; Beth A. Christensen, Georgia State University; Jennifer Coombs, Northeastern University; Linda L. Davis, Northern Illinois University; Carol M.

Dehler, Idaho State University; Mike Farabee, Estrella Mountain Community College; Horacio Ferriz, California State University-Stanislaus; Nels F. Forsman, University of North Dakota; Katherine A. Giles, New Mexico State University; Alan Goldin, Westminster College; Scott P. Hippensteel, University of North Carolina-Charlotte; Gregory J. Holk, California State University-Long Beach; Eric Jerde, Morehead State University; Ming-Kuo Lee, Auburn University; Steve Macias, Olympic College; Tibisay Marin, Kansas State University; Don Van Neiuwenhuse, University of Houston; Mark R. Noll, State University of New York at Brockport; Gary S. Solar, State University of New York en Buffalo; R. Jeffrey Swope, Indiana University-Purdue University Indianapolis; Wan Yang, Wichita State University.

Damos nuestro agradecimiento al equipo de profesionales de Prentice Hall; apreciamos sinceramente el fuerte y constante apoyo de la empresa a la excelencia y la innovación. Gracias también a nuestro editor ejecutivo, Patrick Lynch. Apreciamos su liderazgo y agradecemos su atención por el detalle, su gran capacidad de comunicación y su estilo relajado. También queremos expresar nuestro agradecimiento a nuestra directora de marketing, Christine Henry, por su aportación útil, su entusiasmo, su trabajo duro y su amistad. El equipo de producción, dirigido por Ed Thomas, ha hecho, una vez más, un trabajo extraordinario. El fuerte impacto visual de *Ciencias de la Tierra, octava edición*, se benefició mucho del trabajo de búsqueda de fotografías de Yvonne Gerin y la coordinadora de los permisos de imagen, Debbie Hewitson. Agradecemos también a Barbara Booth su excelente capacidad de edición y corrección. Todos ellos son unos verdaderos profesionales con quienes nos sentimos muy afortunados de estar asociados.

Edward J. Tarbuck
Frederick K. Lutgens