



FIGURA 24.12. El astronauta Harrison Schmitt recogiendo muestras de la superficie lunar. Obsérvense las huellas (detalle) en el «suelo» lunar (Cortesía de la NASA).

sobre su eje. El ciclo día-noche de Mercurio, que dura 176 días terrestres, es muy largo en comparación con el ciclo de 24 h de la Tierra. Una «noche» en Mercurio dura alrededor de 3 meses terrestres y es seguida de la misma duración de luz diurna. Mercurio tiene los extremos de temperatura más grandes de cualquier planeta. Las temperaturas nocturnas descienden hasta $-173\text{ }^{\circ}\text{C}$, mientras que las diurnas superan los $427\text{ }^{\circ}\text{C}$, suficientemente elevadas como para fundir el plomo y el estaño. Estas extremas temperaturas hacen imposible en Mercurio la vida «como la conocemos».

Mercurio absorbe la mayor parte de la luz solar que incide sobre él, reflejando solo el 6 por ciento al espacio, una característica de los cuerpos terrestres que no tienen atmósfera. La mínima cantidad de gas presente en Mercurio puede haber tenido su origen en varias fuentes: gas ionizado emitido por el Sol; hielos que se vaporizaron durante el reciente impacto de un cometa o desgaseificación del interior del planeta.

Aunque Mercurio es pequeño y los científicos esperaban que el interior del planeta ya se hubiera enfriado, la nave espacial *Messenger* detectó un campo magnético. Este descubrimiento sugiere que Mercurio tiene un gran núcleo que permanece lo suficientemente caliente y fluido como para generar un campo magnético.

Mercurio se parece a la Luna terrestre en que tiene muy baja reflectividad, carece de una atmósfera sostenida, cuenta con muchas formaciones volcánicas y con un terreno plagado de cráteres (Figura 24.13). El

impacto de cráter mayor y más reciente (1.300 km de diámetro) que se conoce en Mercurio es la cuenca Caloris. Las imágenes y otros datos recopilados por el *Messenger 10* muestran pruebas de actividad volcánica dentro y alrededor de la cuenca Caloris y unas cuantas más.



FIGURA 24.13. Mercurio. Esta visión de Mercurio es similar a la Luna terrestre (Cortesía de la NASA).

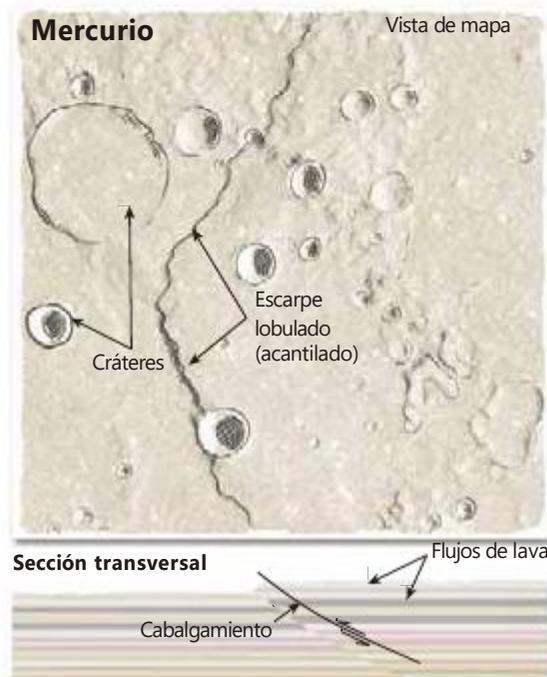
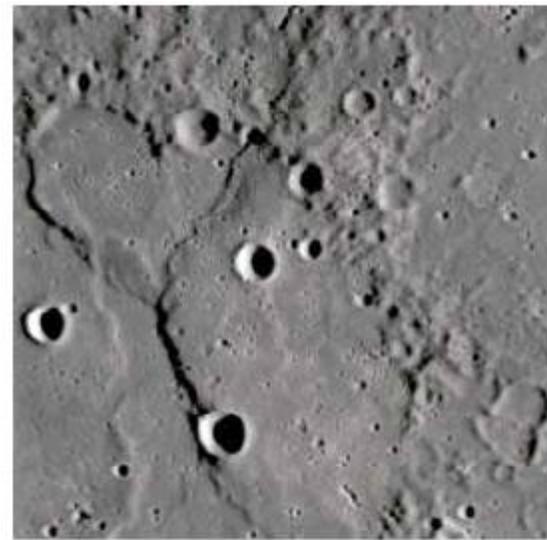
También como nuestra Luna, Mercurio cuenta con llanuras lisas que cubren casi un 40 por ciento de la superficie fotografiada por el *Mariner 10*. La mayoría de estas zonas llanas se asocian con grandes cuencas de impacto, entre ellas la cuenca Caloris, donde la lava relleno parcialmente las cuencas y los terrenos bajos colindantes. Como resultado, estas llanuras lisas parecen tener un origen similar a los maria lunares. Con suerte, los datos recopilados por el Messenger durante su viaje en órbita alrededor de Mercurio en 2011 arrojará nuevos datos sobre la relación entre la formación de cráteres y la actividad volcánica.

Exclusivos de Mercurio son los *escarpes lobulados* (Figura 24.14). Vistos desde el espacio, parecen ser acantilados de bordes ondulados. Estos acantilados, que atraviesan numerosos cráteres, tienen miles de kilómetros de longitud y algunos se elevan hasta 3 km por encima del paisaje circundante. Podrían ser el resultado de un acortamiento de la corteza a medida que el interior del planeta se enfriaba, lo que provocó su encogimiento. Cuando el planeta se contrajo, las fuerzas compresivas desplazaron grandes bloques de rocas de la corteza unos sobre otros a lo largo de grandes cabalgamientos (Figura 24.14).

Venus, el planeta velado

Venus, secundado en brillo solo por la Luna en el cielo nocturno, recibe su nombre de la diosa del amor y la belleza romana. Orbita el Sol en un círculo casi perfecto una vez cada 225 días terrestres. Sin embargo, Venus rota en dirección opuesta a los otros planetas (*movimiento retrógrado*) a un ritmo agonizantemente lento: un día de Venus es equivalente a unos 244 días terrestres. Venus tiene la atmósfera más densa de todos los planetas terrestres, compuesta en su mayoría por dióxido de carbono (97 por ciento), el prototipo de un *efecto invernadero* extremo. Como consecuencia, la temperatura superficial media de Venus es de unos 450 °C. Las variaciones de la temperatura superficial son por lo general mínimas, debido a la intensa mezcla dentro de la densa atmósfera del planeta. Las investigaciones sobre las extremas y uniformes temperaturas superficiales condujeron a los científicos a un entendimiento más profundo de cómo opera el efecto invernadero sobre la Tierra.

La composición del interior venusiano es probablemente similar a la de la Tierra. Sin embargo, el débil campo magnético de Venus significa que su dinámica interna debe ser muy distinta. Se cree que hay convección del manto en Venus, pero los procesos de la tectónica de placas, que reciclan la rígida litosfera, no parecen haber contribuido a la topografía actual de Venus.



Esquema del geólogo

FIGURA 24.14. Escarpe lobulado (acantilado) en Mercurio.

Estos escarpes, que a menudo tienen más de 1,6 km de alto, se formaron cuando la corteza de Mercurio se contraía a medida que el planeta se iba enfriando. Imagen del orbitador *essenger* (Cortesía de la NASA).

El terreno venusiano: cráteres, llanuras de lava y volcanes

La superficie de Venus está completamente oculta a la vista por una gruesa capa de nubes compuesta principalmente por gotitas minúsculas de ácido sulfúrico. En la década de 1970, pese a las extremas temperaturas y presiones, cuatro naves rusas aterrizaron con éxito y obtuvieron imágenes de la superficie. (Como cabía

esperar, sin embargo, todas las sondas fueron aplastadas por la inmensa presión atmosférica del planeta en la hora siguiente al aterrizaje). Empleando imágenes por radar, la nave espacial no tripulada *Magellan* cartografió la superficie de Venus con un detalle extraordinario (Figura 24.15).

Se han identificado unos 1.000 cráteres de impacto en Venus, muchos menos que en Mercurio y en Marte pero más que en la Tierra. Los investigadores, que esperaban que Venus mostrara evidencias de una craterización extensa del periodo de bombardeo extremo, encontraron por el contrario que un periodo de mucha actividad volcánica fue el responsable de reconfigurar la superficie de Venus. Su gruesa atmósfera también limitó el número de impactos al fracturar los meteoroides que se acercaban e incinerando la mayor parte de los pequeños derrubios.

Alrededor del 80 por ciento de la superficie de Venus son llanuras hundidas cubiertas por un manto de coladas volcánicas, algunas de las cuales se extienden en canales

a lo largo de centenares de kilómetros (Figura 24.16). El Baltis Vallis de Venus, el cauce de lava más largo conocido en el Sistema Solar, atraviesa el planeta a lo largo de 6.800 km de meandros. Se han identificado más de 100 grandes volcanes en Venus. Sin embargo las elevadas temperaturas superficiales y las altas presiones inhiben el vulcanismo explosivo. Además, las condiciones extremas de Venus hacen que los volcanes sean más bajos y más anchos que los de la Tierra o Marte (Figura 24.17). El Maat Mons, el mayor volcán de Venus tiene unos 8,5 km de altura y 400 km de diámetro. En comparación, el Mauna Loa, el mayor volcán terrestre, tiene unos 9 km de altura y solo 120 km de diámetro.

Venus también cuenta con amplias tierras altas compuestas por mesetas, dorsales y elevaciones topográficas que se elevan sobre las llanuras. Se cree que las elevaciones se formaron donde las plumas calientes del manto se toparon con la base de la corteza del planeta, provocando la elevación. De forma muy parecida a las plumas del manto terrestre, se asocia abundante

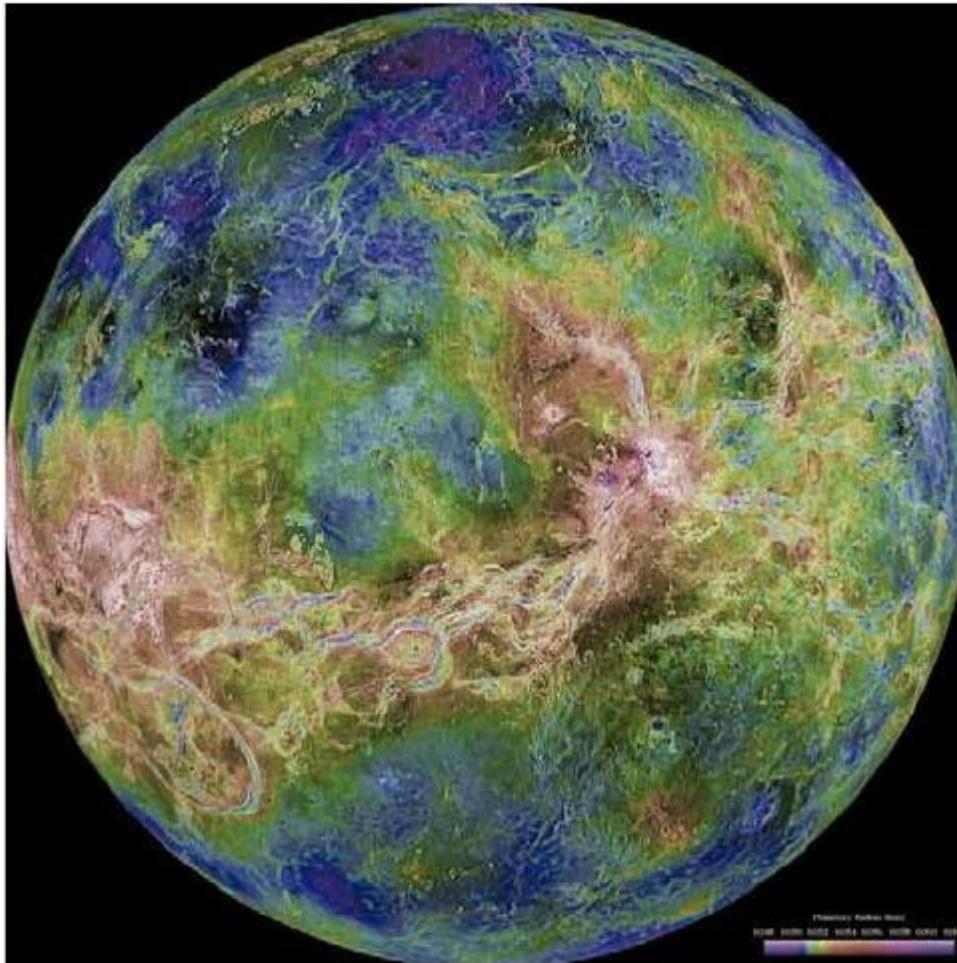
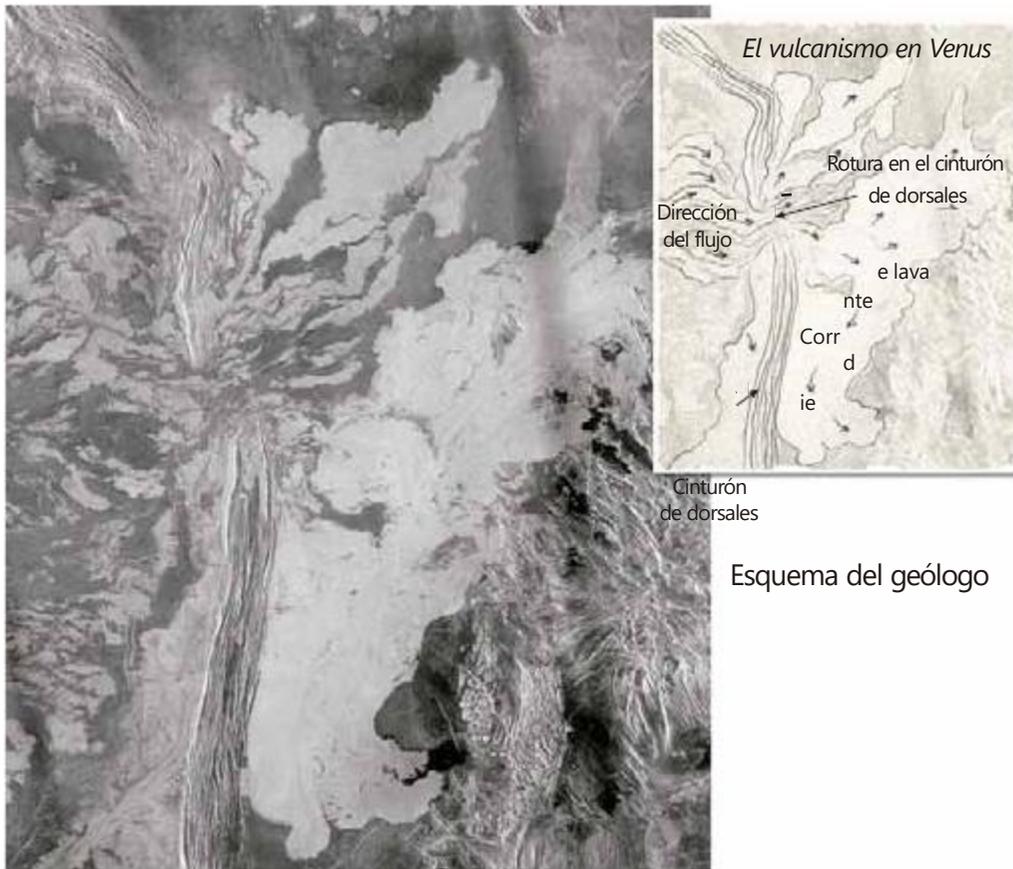


FIGURA 24.15. Esta vista global de la superficie de Venus se ha generado por ordenador a partir de los años de investigación que culminaron la misión *Magellan*. Las estructuras brillantes y retorcidas que cruzan el planeta son montañas y cañones muy fracturados de las tierras altas orientales de Afrodita (Cortesía de la NASA/JPL).



Esquema del geólogo

FIGURA 24.16. Extensos flujos de lava en Venus. Esta imagen de radar del *Magellan* muestra un sistema de flujos de lava que se originaron en un volcán llamado Ammavaru, que se encuentra aproximadamente a 300 km al oeste de la imagen. La lava, que en esta imagen por radar tiene una apariencia brillante, tiene superficies rugosas, mientras que los flujos más oscuros son lisos. Una vez que la lava se abrió paso por el cinturón de dorsales (a la izquierda del centro), se concentró en una piscina de 100.000 km cuadrados (Cortesía de la NASA).

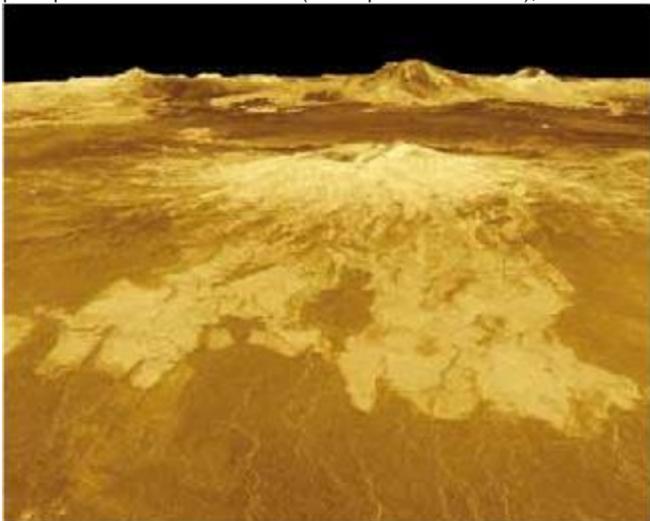


FIGURA 24.17. El Sapas Mons (centro) en Venus es un amplio volcán con 400 km de ancho. Las zonas luminosas en el fondo son flujos de lava. Se puede observar otro gran volcán, el Maat Mons, al fondo. Esta vista generada por ordenador está reconstruida a partir de los datos obtenidos por la nave espacial *Magellan* (Cortesía de la

actividad volcánica con la elevación del manto en Venus (Figura 24.18). Los datos recientes recogidos por la *Venus Express* de la Agencia Espacial Europea sugieren que las tierras elevadas de Venus contienen roca granítica rica en sílice. Como tal, estas masas de tierra elevadas se parecen a los continentes terrestres, aunque de un tamaño mucho menor.

Venus frente a la Tierra

Similar a la Tierra en tamaño, densidad, masa y localización en el Sistema Solar, antes se le llamaba el «gemelo de la Tierra». Como en la Tierra, en Venus hay ascenso y descenso del manto que impulsa la actividad tectónica en la superficie. Estos procesos han creado las cerca de doce tierras altas venusianas que están muy deformadas tanto por las fuerzas compresivas como por las tensiones (NASA/JPL).

sionales. Además, el flujo en el manto produjo fracturas lineales generalizadas y *dorsales arrugadas*, descritas mejor como pliegues compresivos simples.

A diferencia de la Tierra, en Venus no funciona la tectónica de placas. La teoría actual es que la corteza



FIGURA 24.18. Las prominentes estructuras circulares son domos volcánicos, de 65 km de diámetro, con cimas planas de menos de 1 km de altura. Denominadas a veces «domos de torta/pancake», representan una categoría única de extrusiones volcánicas en Venus que se formaron a partir de lava viscosa (pegajosa). Las grietas y depresiones que normalmente se encuentran en estas estructuras son resultado del enfriamiento y retirada de la lava (Cortesía de la NASA/JPL).

externa venusiana es demasiado fuerte como para romperse en placas. Esto puede explicarse por la pérdida gradual de agua, que también contribuyó al dominio del CO_2 en la atmósfera de Venus. Recordemos que el agua rebaja la temperatura de fusión de la roca. Por tanto, las rocas que componen la seca litosfera venusiana están muy alejadas de sus puntos de fusión y, en consecuencia, son más rígidas y fuertes que las rocas «húmedas» similares de la litosfera terrestre.

La razón para la pérdida de agua en Venus no se comprende del todo. Según una hipótesis, su débil campo magnético expuso su atmósfera a la erosión del viento solar. El hidrógeno, un componente del agua, ha sido eliminado hace tiempo debido a la radiación solar.

Algunos investigadores creen que Venus fue algún día un sitio más agradable: una segunda canica azul como la Tierra cubierta de agua. Si fue así, ¿qué hizo que se convirtiera en el infernal planeta inhabitable que conocemos hoy? Los científicos esperan abordar esta cuestión en futuras exploraciones espaciales diseñadas para arrojar luz sobre las interacciones entre la atmósfera del planeta, su superficie y su interior.

Marte, el planeta rojo

Marte, con aproximadamente la mitad del diámetro de la Tierra, da la vuelta alrededor del Sol en 687 días terrestres. Las temperaturas superficiales medias varían desde mínimas de -140°C en el invierno hasta máximas de 20°C en verano. Las variaciones estacionales de temperatura son similares a las de la Tierra, pero las variaciones diarias son mayores, debido a su débil atmósfera

(una densidad de solo un 1 por ciento la terrestre). La tenue atmósfera marciana está compuesta fundamentalmente por dióxido de carbono (95 por ciento), con diminutas cantidades de nitrógeno, oxígeno y vapor de agua.

Topografía de Marte

Marte, como la Luna, está plagado de cráteres de impacto. Los cráteres más pequeños suelen estar llenos de polvo traído por el viento, lo que confirma que Marte es un mundo seco y desértico. El color rojizo del paisaje marciano proviene del óxido de hierro (oxidación). Los grandes cráteres de impacto proporcionan información sobre la naturaleza de la superficie marciana. Por ejemplo, si la superficie estuviera compuesta por polvo seco y derrubios rocosos, cabría esperar una *ejecta* similar a la que rodea los cráteres lunares. Pero la que rodea algunos cráteres marcianos tiene un aspecto distinto: como si hubiera salido del cráter un compuesto acuoso de lodo. Los geólogos planetarios creen que hay una capa de permafrost (suelo congelado) debajo de partes de la superficie de Marte y que los impactos calentaron y fusionaron el hielo y causaron el aspecto fluido de este material expulsado.

Unos dos tercios de la superficie marciana están compuestos por tierras altas muy craterizadas, que se concentran sobre todo en el hemisferio sur (Figura 24.19). El periodo de máxima caracterización tuvo lugar al comienzo de la historia del planeta y culminó hace unos 3.800 millones de años, como en el resto del Sistema Solar. Por tanto, las tierras altas de Marte tienen una antigüedad parecida a la de las tierras altas lunares.

Teniendo en cuenta el número relativamente bajo de cráteres, las planicies del norte, que cubren el tercio restante del planeta, son más jóvenes que las tierras altas (Figura 24.19). La topografía relativamente plana de las llanuras es compatible con la expulsión de lavas basálticas fluidas. En estas llanuras es posible observar conos volcánicos, algunos con chimeneas y coladas de lava con bordes arrugados.

A lo largo del ecuador marciano se observa una enorme región elevada, aproximadamente del tamaño de Norteamérica, denominada *abultamiento de Tharsis* (Figura 24.19). Esta estructura, de unos 10 km de altura, parece haberse elevado y coronado con una acumulación masiva de roca volcánica que abarca los cinco mayores volcanes del planeta. También hay un centro volcánico mucho más pequeño (abultamiento).

Las fuerzas tectónicas que crearon la región de Tharsis también provocaron fracturas que irradian desde su centro, como los radios de la rueda de una bicicleta. A lo largo de los flancos orientales del abultamiento se desarrollaron una serie de grandes cañones denominados *Valles Marineris*. Los *Valles Marineris* son tan amplios

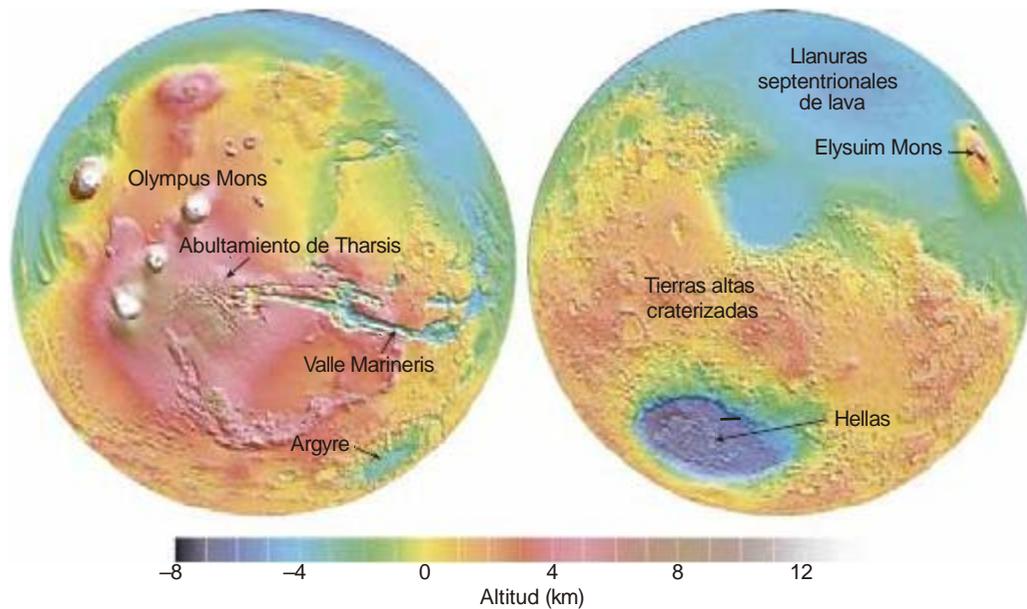


FIGURA 24.19. Dos globos generados por ordenador de Marte con algunas de las principales estructuras superficiales marcadas. El color representa la altura sobre (o por debajo) el radio medio del planeta: el color blanco representa unos 12 km sobre la media y el azul oscuro unos 8 km por debajo la media (Cortesía de la NASA/JPL).

que pueden verse en la imagen de Marte en la Figura 24.19. Esta red de cañones se creó principalmente por una fracturación hacia abajo, a diferencia del caso del Gran Cañón de Arizona, que fue creado por la erosión del agua de escorrentía. Así, consiste en valles de tipo graben, que se parecen a los Valles de Rift del este africano. Una vez formados, los Valles Marineris crecieron con la erosión del agua y por el colapso de las paredes del rift. El cañón principal se extiende a lo largo de más de 5.000 km, tiene 7 km de profundidad, y 100 km de anchura (Figura 24.19).

Otras características destacables del paisaje marciano son las grandes cuencas de impacto. Hellas, la mayor estructura de impacto identificable en el planeta, tiene unos 2.300 km de diámetro y es la elevación más baja del planeta (Figura 24.19). Los derrubios expulsados desde esta cuenca contribuyeron a la elevación de las tierras altas adyacentes. Es probable que existan otras cuencas de cráteres enterradas que sean incluso mayores que Hellas.

La actividad volcánica prevaleció en Marte durante la mayor parte de su historia. La escasez de cráteres de impacto en algunas superficies volcánicas sugiere que el planeta todavía está activo. Marte tiene algunos de los mayores volcanes conocidos del Sistema Solar, entre ellos el mayor, el Olympus Mons, que tiene el tamaño de Arizona y una altura tres veces superior al monte Everest. Este volcán gigante estuvo activo por última vez hace unos 100 millones de años y se parece a los volcanes de escudo terrestres de Hawái (Figura 24.20).

¿Cómo los volcanes de Marte se transformaron en estructuras mucho mayores que otras similares de la Tierra? Los volcanes más grandes de los planetas terrestres tienden a formarse allí donde ascienden las plumas de roca caliente desde las profundidades de su interior. En la Tierra, las placas tectónicas mantienen la corteza en movimiento constante. Como consecuencia, las plumas del manto tienden a crear una cadena

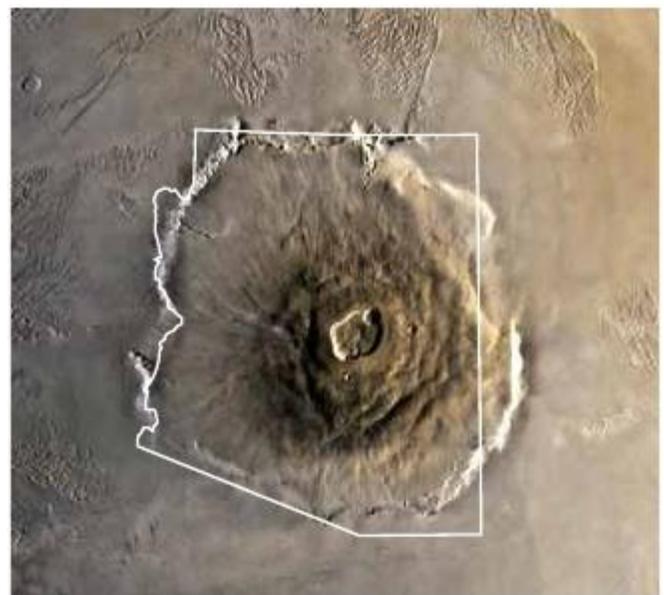


FIGURA 24.20. Imagen del Olympus Mons, un volcán en escudo inactivo en Marte que cubre una zona del tamaño del estado de Arizona (Cortesía de la U. S. Geological Survey).

de estructuras volcánicas, como las islas Hawái. Por el contrario, en Marte no existe tectónica de placas por lo que las erupciones sucesivas se acumulan en el mismo sitio y, como consecuencia, se forman enormes volcanes como el Olympus Mons, en vez de una cadena de volcanes pequeños.

En la actualidad, la fuerza dominante que conforma la superficie marciana es la erosión eólica. Las grandes tormentas de polvo, con vientos de hasta 270 km por hora, pueden durar semanas. También se han fotografiado torbellinos de polvo. La mayor parte del paisaje marciano se parece a los desiertos rocosos de la Tierra, plagado de dunas y zonas bajas parcialmente llenas por polvo.

¡Sí, hay agua helada en Marte!

No parece que haya agua líquida en toda la superficie marciana. Sin embargo, a una latitud en dirección a los polos de unos 30 grados puede encontrarse hielo en el primer metro de la superficie. En las regiones polares, forma pequeños casquetes polares permanentes, junto con hielo de dióxido de carbono. Además, hay bastantes pruebas de que durante los primeros mil millones de años de la historia del planeta, el agua líquida fluyó por su superficie creando valles fluviales y formas de relieve relacionadas.

En la imagen de la *Reconnaissance Orbiter* de Marte de la Figura 24.21 puede observarse un lugar donde el agua de escorrentía excavó valles. Los investigadores han propuesto que la fusión del hielo que estaba por debajo de la superficie originó pequeños manantiales por toda la pared del valle, creando lentamente los surcos; un proceso que puede estar activo todavía.

En otros cauces es posible observar riveras semejantes a arroyos con numerosas islas con forma de lágrima (Figura 24.22). Estos valles parecen haber sido excavados por inundaciones catastróficas con velocidades de descarga 1.000 veces superiores a las del río Mississippi. La mayor parte de estos grandes cauces de inundación han emergido de zonas con topografías caóticas que parecen haberse formado cuando se hundió la superficie. La fuente más probable de agua para estos valles creados por inundaciones es la fusión del hielo subsuperficial. Si el agua de fusión estaba atrapada debajo de una gruesa capa de permafrost, la presión podría haberse acumulado hasta que se produjo una liberación catastrófica. A medida que el agua escapaba, se iría hundiendo la superficie suprayacente, creando un paisaje caótico.

No todos los valles marcianos parecen ser el resultado de agua liberada de esta manera. Algunos exhiben ramificaciones o patrones arbóreos que recuerdan a las redes de drenaje dendrítico de la Tierra. Además, el vehículo robótico *Opportunity* investigó estructuras

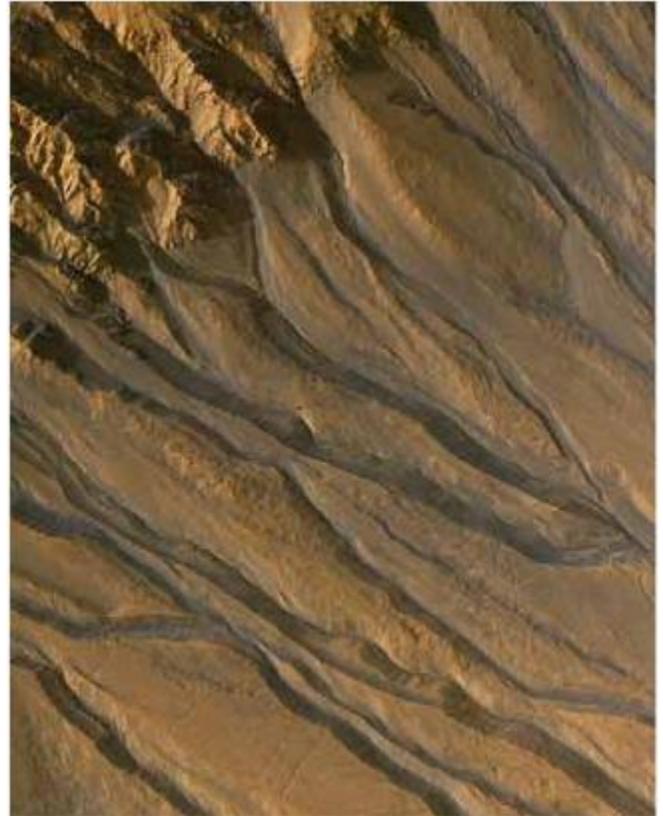


FIGURA 24.21. Esta imagen fue obtenida por la *Mars Reconnaissance Orbiter* y muestra sumideros emanando de los acantilados rocosos. Los patrones en meandro y anastomosados son característicos de caudales excavados por el agua (Cortesía de la NASA/JPL).

parecidas a las formas de relieve creadas por el agua en la Tierra, entre ellas, rocas sedimentarias en capas, playas (llanuras salinas) y lechos de lagos. También se detectaron minerales que solo se forman en presencia de agua, como los sulfatos hidratados. Se encontraron pequeñas esferas de hematitas, denominadas «arándanos», que probablemente precipitaron del agua para formar sedimentos lacustres. Sin embargo, a salvo en las regiones polares, el agua no parece haber alterado significativamente la topografía de Marte durante más de miles de millones de años.

Satélites marcianos

Phobos y Deimos, los dos diminutos satélites marcianos, de solo 24 y 15 km de diámetro respectivamente, no se descubrieron hasta finales del siglo XIX porque sus tamaños hacían casi imposible verlos en un telescopio. Phobos está más próximo a su planeta que cualquier otro satélite natural del Sistema Solar (solo a 5.500 km) y necesita tan solo 7 horas y 39 minutos para completar una revolución. Orbita alrededor de Marte más rápido de lo que gira el propio Marte.

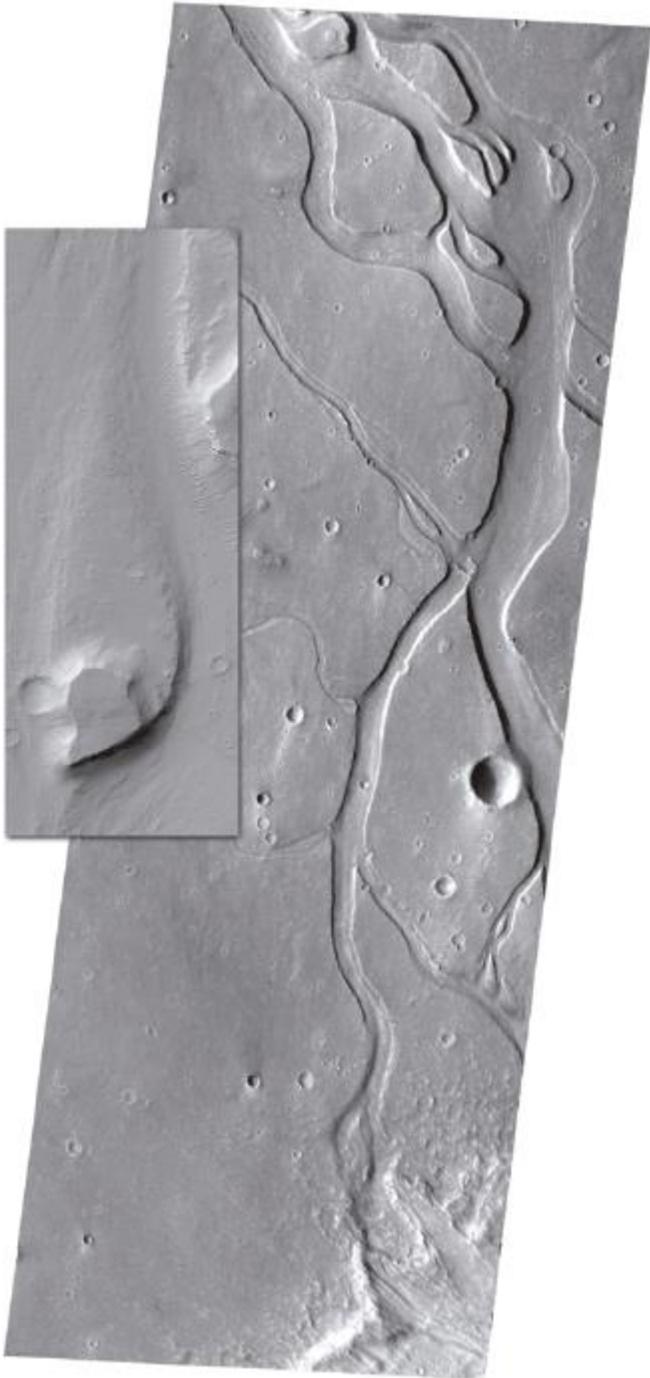


FIGURA 24.22. Los cauces con apariencia de ríos son robustas pruebas de que en Marte hubo agua fluida en algún momento. El detalle muestra un primer plano de una isla aerodinámica donde el flujo de agua se encontró con material resistente a lo largo de su cauce (Cortesía de la NASA/JPL).

El *Mariner 9* reveló que los dos satélites tienen formas irregulares y numerosos cráteres de impacto (Figura 24.23). Es probable que estas lunas sean cuerpos celestiales capturados. Las fuerzas gravitacionales están reduciendo la órbita de Phobos; como consecuencia, o



FIGURA 24.23. Phobos, una de las dos lunas menores marcianas. Su pequeño tamaño y forma irregular indican que Phobos es probablemente un asteroide capturado por Marte. La estructura más prominente en Phobos es el gran cráter en la parte inferior derecha (Cortesía de la NASA).

bien impactará sobre Marte o se fracturará en un anillo planetario que acabará precipitando sobre la superficie del planeta.

Júpiter, el señor del cielo

Júpiter, un verdadero gigante entre los planetas, tiene una masa 2,5 veces mayor que la masa combinada de todos los demás planetas, satélites y asteroides. De hecho, si hubiera sido unas 10 veces mayor, Júpiter habría evolucionado hasta convertirse en una estrella pequeña. Pese a su gran tamaño, su masa es tan solo 1/800 la del Sol.

Júpiter orbita alrededor del Sol una vez cada doce años terrestres y rota más deprisa que cualquier otro planeta, completando una rotación en algo menos de 10 horas. Cuando se observa con un telescopio, el efecto de este rápido giro es notable. El ensanchamiento de la región ecuatorial y el aplanamiento de la región polar son evidentes (véase la columna «Aplanamiento polar» de la Tabla 24.1).

El aspecto de Júpiter puede atribuirse sobre todo a los colores de la luz que se refleja a través de sus tres capas de nubes principales (Figura 24.4). La capa más cálida, y más baja, está compuesta en su mayoría por agua helada y tiene un color gris azulado, que normalmente no es visible en imágenes en luz visible. Un poco más arriba, donde las temperaturas son más frías, hay

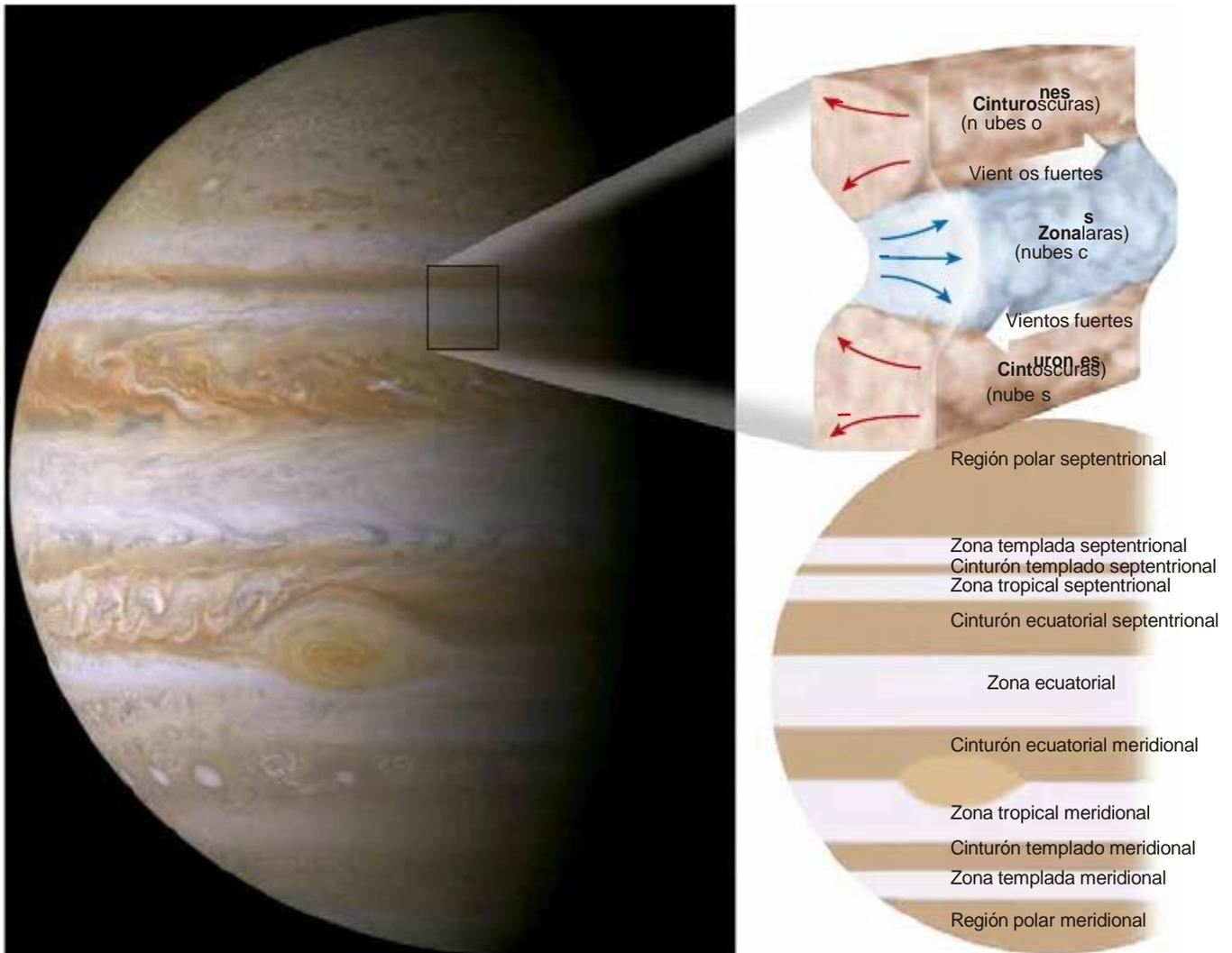


FIGURA 24.24. Estructura de la atmósfera de Júpiter. Las áreas de nubes claras (*zonas*) son regiones donde los gases están ascendiendo y enfriándose. El hundimiento domina el flujo en las capas de nubes más oscuras (*cinturones*). Esta circulación convectiva, junto con la rotación rápida del planeta, genera los vientos de gran velocidad observados entre los cinturones y las zonas.

una capa de nubes de color marrón a marrón anaranjado de pequeñas gotas de hidrosulfuro de amonio. Se cree que estos colores son productos secundarios de las reacciones químicas que tienen lugar en la atmósfera de Júpiter. Casi en lo más alto de la atmósfera, se encuentra una capa de finas nubes de amoniaco helado.

Debido a su inmensa gravedad, Júpiter se encoge unos centímetros cada año. Esta contracción genera la mayor parte del calor que impulsa su circulación atmosférica. Por tanto, a diferencia de los vientos terrestres que son impulsados por la energía solar, el calor que emana del interior de Júpiter provoca las enormes corrientes de convección que pueden observarse en su atmósfera.

El flujo convectivo de Júpiter produce unos *cinturones* de color oscuro que alternan con *zonas* de color claro, como se muestra en la Figura 24.24. Las nubes claras (*zonas*) son regiones donde el material caliente asciende

y se enfría, mientras que los cinturones oscuros representan el material frío que se hunde y se calienta. Esta circulación convectiva, sumada a la rápida rotación de Júpiter, genera el flujo a gran velocidad de este a oeste que se observa entre los cinturones y las zonas.

La mayor tormenta del planeta es el Gran Punto Rojo. Esta enorme tormenta anticiclónica cuyo tamaño es el doble del de la Tierra, se descubrió hace 300 años. Además del Gran Punto Rojo, existen otras tormentas blancas y marrones con forma ovalada (véase Figura 24.24). Los óvalos blancos son los límites fríos de las nubes de grandes tormentas, mucho mayores que los huracanes terrestres. Las nubes de tormenta marrones residen en niveles inferiores de la atmósfera. La nave *Cassini* ha fotografiado relámpagos en las diferentes tormentas blancas ovaladas, pero parece que su frecuencia es menor que en la Tierra.

El campo magnético de Júpiter, el más fuerte del Sistema Solar, probablemente sea generado por una capa de hidrógeno metálico líquido que rodea a su núcleo y está en rotación rápida. Se han fotografiado brillantes auroras sobre los polos de Júpiter, asociadas al campo magnético (Figura 24.25). A diferencia de las auroras terrestres que solo ocurren cuando hay un aumento de la actividad solar, las auroras de Júpiter son continuas. Las partículas cargadas necesarias para alimentar las auroras provienen principalmente de la actividad volcánica de la luna de Júpiter, Ío. Los gases atrapados por el campo magnético de Júpiter se ionizan con la radiación ultravioleta del Sol. La interacción de estos iones energéticos con otras moléculas de la atmósfera genera estos coloridos espectáculos.

Lunas de Júpiter

El sistema de satélites de Júpiter, que consta de 63 lunas descubiertas hasta ahora, se parece a un Sistema Solar en miniatura. Los cuatro satélites mayores fueron descubiertos por Galileo en 1610 y se denominan satélites galileanos (Figura 24.26). Los dos mayores, Calisto y Ganimedes, tienen casi el mismo tamaño que Mercurio, mientras que los dos más pequeños, Europa e Ío, tienen aproximadamente el tamaño de la Luna terrestre. Las ocho lunas mayores parecen haberse formado alrededor de Júpiter cuando el Sistema Solar se condensó.

Júpiter también tiene muchos satélites muy pequeños (de unos 20 km de diámetro) que giran en órbitas con direcciones opuestas (*movimiento retrógrado*) a las de



FIGURA 24.25. Vista de la aurora de Júpiter tomada por el telescopio espacial Hubble. Este fenómeno se produce porque los electrones con elevada energía giran a gran velocidad a lo largo del campo magnético de Júpiter. Los electrones excitan a los gases atmosféricos y los hacen brillar (Cortesía de la NASA/John Clark).

las lunas más grandes y que tienen órbitas muy inclinadas con respecto al ecuador joviano. Esos satélites parecen ser asteroides que pasaron lo suficientemente cerca como para ser capturados gravitacionalmente por Júpiter, o los remanentes de colisiones con cuerpos mayores.

Las lunas galileanas pueden observarse con binoculares o con un telescopio pequeño y son interesantes por sí solas. Las imágenes de los *Voyagers 1 y 2* revelaron para la sorpresa de casi todos los geocientíficos, que cada uno de los cuatro satélites galileanos es un mundo único (Figura 24.26). La misión *Galileo* también reveló inesperadamente que la composición de cada satélite es

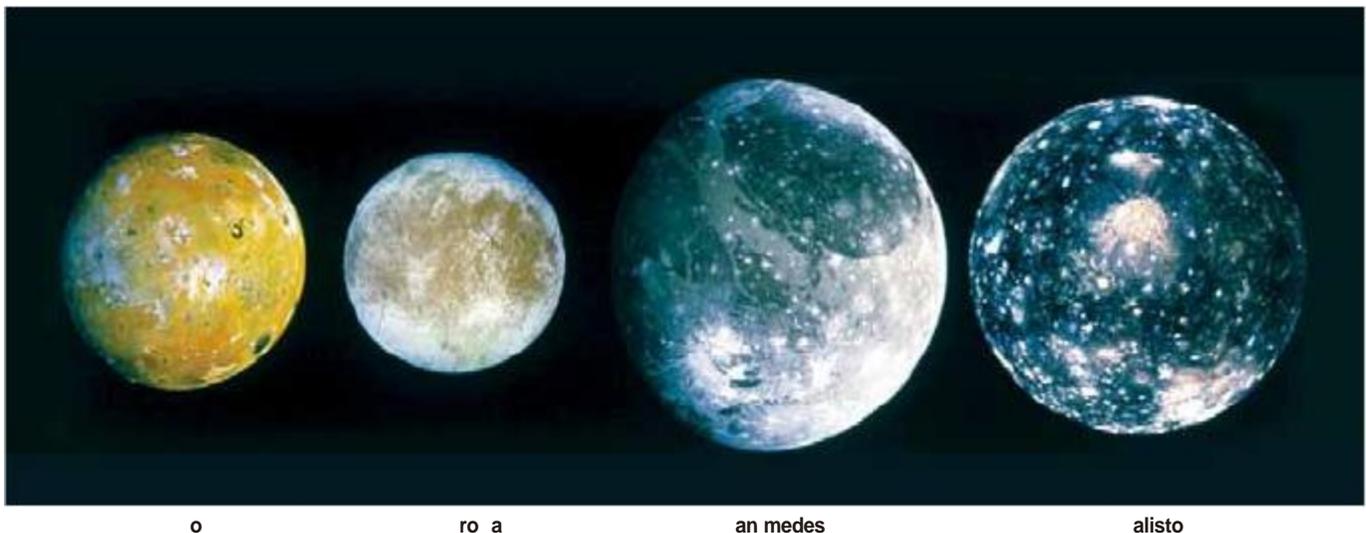


FIGURA 24.26. Las cuatro lunas mayores de Júpiter (de izquierda a derecha) se denominan las lunas galileanas porque fueron descubiertas por Galileo. **A.** La luna más interior, Ío. Es uno de los únicos tres cuerpos volcánicamente activos de los que se conoce su existencia en el Sistema Solar. **B.** Europa, la menor de las lunas galileanas, tiene una superficie helada que está cruzada por muchas estructuras lineales. **C.** Ganimedes, el mayor satélite joviano, exhibe zonas craterizadas, regiones lisas, y unas cubiertas por numerosos surcos paralelos. **D.** Calisto, el más externo de los satélites galileanos, está muy craterizado, parecido a la luna terrestre (Cortesía de la NASA/NGS Image Collection).

por completo diferente, lo que sugiere una evolución diferente para cada uno. Por ejemplo, Ganímedes tiene un núcleo dinámico que genera un fuerte campo magnético, no observado en otros satélites.

La más interna de las lunas galileanas, Ío, es posiblemente el cuerpo volcánicamente más activo descubierto en nuestro Sistema Solar. Hasta la fecha, se han descubierto más de 80 centros volcánicos sulfurosos activos. Se han visto elevarse de la superficie de Ío plumas en forma de paraguas hasta alturas próximas a los 200 km (Figura 24.27A). La fuente de calor que impulsa la actividad volcánica de Ío es la energía mareal generada por

una incansable «interacción» entre Júpiter y los otros satélites galileanos, parecida al juego de la soga, donde Ío sería la cuerda. La fuerza gravitacional de Júpiter y de los otros satélites cercanos tira y empuja del abombamiento mareal de Ío a medida que su órbita, ligeramente excéntrica, lo acerca y lo aleja alternativamente de Júpiter. Esta flexión gravitacional de Ío se transforma en calor (similar a la curva hacia delante y hacia atrás de un clip) y provoca las espectaculares erupciones volcánicas sulfurosas de Ío. Además la lava, que se cree compuesta principalmente por silicatos, hace erupción con regularidad sobre su superficie (Figura 24.27B).

A.



B.



FIGURA 24.27. Una erupción volcánica en Ío. **A.** Esta pluma de gases volcánicos y fragmentos se eleva a más de 100 km por encima de la superficie de Ío. **B.** La zona roja clara en la parte izquierda de la imagen es lava que acaba de erupcionar (Cortesía de la NASA).

Anillos de Júpiter

Uno de los descubrimientos más inesperados realizado por el *Voyager 1* es el sistema de anillos de Júpiter. Más recientemente, el sistema de anillos fue investigado a fondo por la misión Galileo. Analizando cómo estos anillos dispersan la luz, los investigadores concluyeron que están compuestos por pequeñas partículas oscuras, de un tamaño similar a las partículas de humo. Además, la naturaleza débil de los anillos indica que estos fragmentos microscópicos están muy dispersos. El anillo principal está compuesto por partículas que se consideran fragmentos procedentes de las superficies de Metis y Adrastea, dos pequeñas lunas de Júpiter. Se cree que el impacto sobre las lunas de Júpiter Amalthea y Thebe fue el origen de los derrubios que formaron el anillo exterior Gossamer.

A veces los alumnos preguntan...

Además de la Tierra, ¿hay algún otro cuerpo del Sistema Solar que tenga agua líquida?

Se considera que los planetas más cercanos al Sol que la Tierra son demasiado cálidos como para contener agua líquida, y los que se encuentran más lejos del Sol son, en general, demasiado fríos (aunque algunas estructuras en Marte sugieren que pudo haber agua líquida abundante en algún momento de su historia). No obstante, las mejores perspectivas de encontrar agua líquida en nuestro Sistema Solar se encuentran debajo de las superficies de hielo de algunas lunas de Júpiter. Por ejemplo, se sospecha que Europa tiene un océano de agua líquida escondido debajo de su cubierta exterior de hielo. Las imágenes detalladas enviadas a la Tierra desde la nave espacial *Galileo* han revelado que la superficie de hielo de Europa es bastante joven y exhibe grietas aparentemente llenas de líquido oscuro desde debajo. Esto sugiere que bajo este caparazón de hielo, Europa debe de tener un interior móvil y cálido, y quizá un océano. Dado que la existencia de agua en estado líquido es necesaria para la vida tal como la conocemos, ha habido mucho interés en enviar un satélite a Europa (y más tarde una plataforma capaz de lanzar un submarino robótico) para determinar si tiene también vida marina.

ENTENDER LA TIERRA

El estudio de la Tierra desde el espacio

RECUADRO 24.1

El 4 de julio de 1997, la sonda espacial *Mars Pathfinder* aterrizó en la superficie cubierta de rocas de Marte y desplegó el vehículo con ruedas, *Mars Sojourner*. Durante los tres meses siguientes, la plataforma envió a la Tierra tres gigabits de datos, entre los cuales había 16.000 imágenes y 20 análisis químicos. El punto de aterrizaje fue un vasto paisaje ondulado esculpido por antiguas inundaciones. Se escogió el lugar de depósito de inundaciones con la esperanza de que hubiera una serie de tipos de roca que el vehículo *Mars Sojourner* pudiera examinar.

El *Mars Sojourner* transportó un espectrómetro de rayos X, partículas alfa y fotones (APXS) empleado para determinar la composición de las rocas y el «suelo» marciano (regolito) en el lugar de aterrizaje (Figura 24.A). Además, el vehículo era capaz de tomar imágenes de cerca de las rocas. A partir de estas imágenes, los investigadores concluyeron que las rocas eran ígneas. Sin embargo, primero se creyó que un objeto duro, blanco y plano llamado Scooby Doo era una roca sedimentaria, pero los datos del APXS sugieren que su composición química es como la del suelo de la zona. Por tanto, Scooby Doo es probablemente un suelo bien cementado.

En la actualidad, tres naves espaciales en órbita y dos vehículos operativos, *Mars Spirit* y *Mars Opportunity*, continúan recopilando datos, como informes sobre la meteorología diaria, y de vez en cuando registran acontecimientos geológicos. En la Figura 24.B, imagen captada por la *Mars Reconnaissance Orbiter*, pueden observarse nubes de polvo que se elevan inmediatamente después de una avalancha marciana cerca de su polo Norte.



FIGURA 24.A. El vehículo del *Pathfinder*, el *Mars Sojourner* (izquierda), obteniendo datos sobre la composición química de una roca marciana conocida como Yogi (Cortesía de la NASA).



FIGURA 24.B. Una avalancha marciana se precipita por una empinada pendiente de unos 700 m de altura. Se cree que las capas rojizas son ricas en agua helada. Es posible que la avalancha esté compuesta de más hielo que de roca (Cortesía de la NASA).

Saturno, el planeta elegante

Saturno, que necesita más de 29 años terrestres para completar una revolución, está a una distancia del Sol casi el doble que Júpiter; sin embargo, su atmósfera, composición y estructura interna parecen ser notablemente similares a las de Júpiter. La característica más destacada de Saturno es su sistema de anillos, observado por primera vez por Galileo en 1610 (Figura 24.28). Con su telescopio primitivo, los anillos parecían dos cuerpos pequeños adyacentes al planeta. Su naturaleza anular la descubrió 50 años más tarde el astrónomo holandés Christian Huygens.

La atmósfera de Saturno es dinámica, como la de Júpiter (Figura 24.28). Aunque las bandas de nubes son

más débiles y anchas cerca del ecuador, en la atmósfera de Saturno hay tormentas rotatorias similares al Gran Punto Rojo de Júpiter, además de intensos relámpagos. Aunque la atmósfera es casi un 75 por ciento de hidrógeno y un 25 por ciento de helio, las nubes están compuestas de amoníaco, hidrosulfuro de amonio y agua, cada uno segregado por temperatura. Al igual que Júpiter, las dinámicas de la atmósfera están impulsadas por el calor liberado por la compresión gravitacional.

Lunas de Saturno

El sistema de satélites de Saturno consta de 61 lunas conocidas de las cuales se ha dado nombre a 53. Las lunas

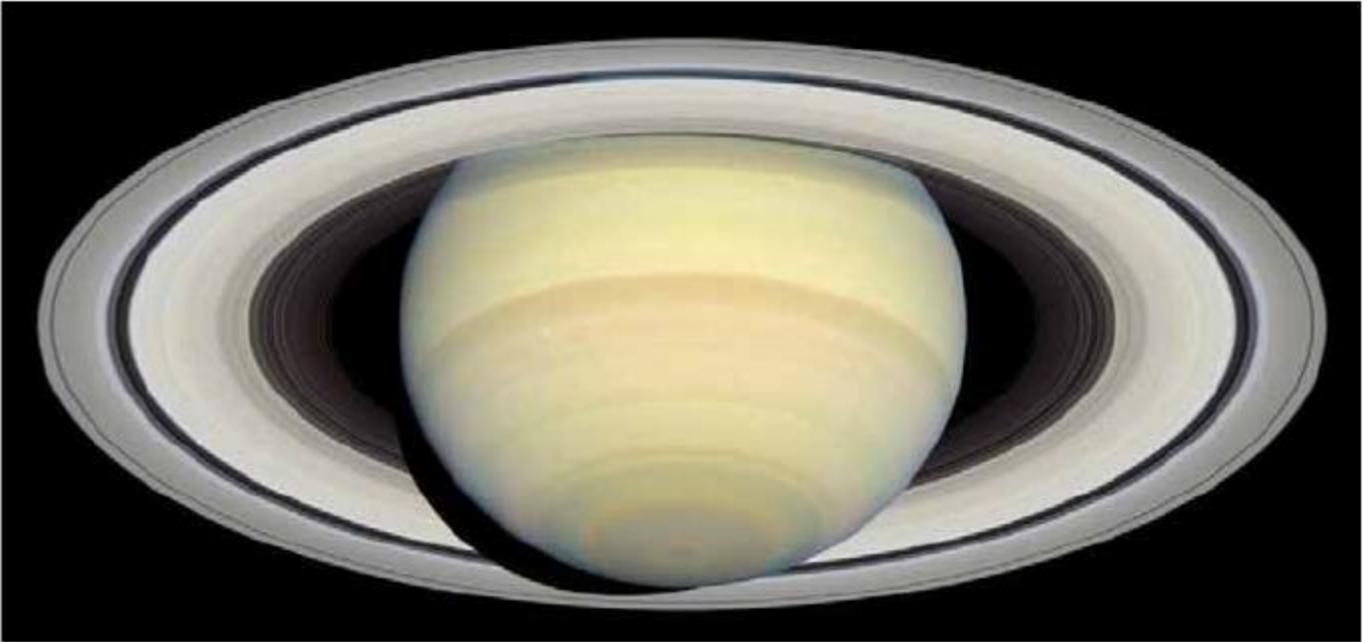


FIGURA 24.28. Esta imagen, tomada por el telescopio espacial Hubble que orbita la Tierra, muestra un sistema dinámico de anillos. Los dos anillos más claros, denominados el anillo A (exterior) y el anillo B (interior) están separados por la división Cassini. También puede observarse un segundo hueco pequeño como una fina línea en la parte exterior del anillo A (Cortesía de la NASA).

son bastante diferentes en cuanto a tamaño, forma, edad superficial y origen. Veintitrés de las lunas eran satélites «originales» que se formaron en tándem con su planeta progenitor. Al menos dos (Dione y Thetis) muestran signos de actividad tectónica; las fuerzas internas han resquebrajado sus superficies congeladas. Otras, como Hyperion, son tan porosas que los impactos agujerean su superficie, y es posible que Rhea tenga sus propios anillos (Figura 24.29). Muchas de las lunas más pequeñas de Saturno tienen formas irregulares y solo unas pocas decenas de kilómetros de diámetro.

La mayor luna de Saturno, Titán, es más grande que Mercurio y es el segundo satélite mayor del Sistema Solar. Titán y Tritón, de Neptuno, son los únicos satélites del Sistema Solar de los que se sabe que tienen una atmósfera sustancial. Titán fue visitada y fotografiada por la sonda *Huygens* en 2005. La presión atmosférica en la superficie de Titán es de alrededor de 1,5 veces la existente en la superficie terrestre, y su composición atmosférica consiste en alrededor de un 98 por ciento de nitrógeno y un 2 por ciento de metano con restos de compuestos orgánicos. Titán cuenta con formas y procesos geológicos similares a los de la Tierra, como la formación de dunas y una erosión parecida a la fluvial causada por «lluvia» de metano. Además, parece que hay lagos de metano líquido en las latitudes septentrionales.

Enceladus es otro de los satélites singulares de Saturno: uno de los pocos en los que se han observado erupciones activas (Figura 24.30). Se cree que la

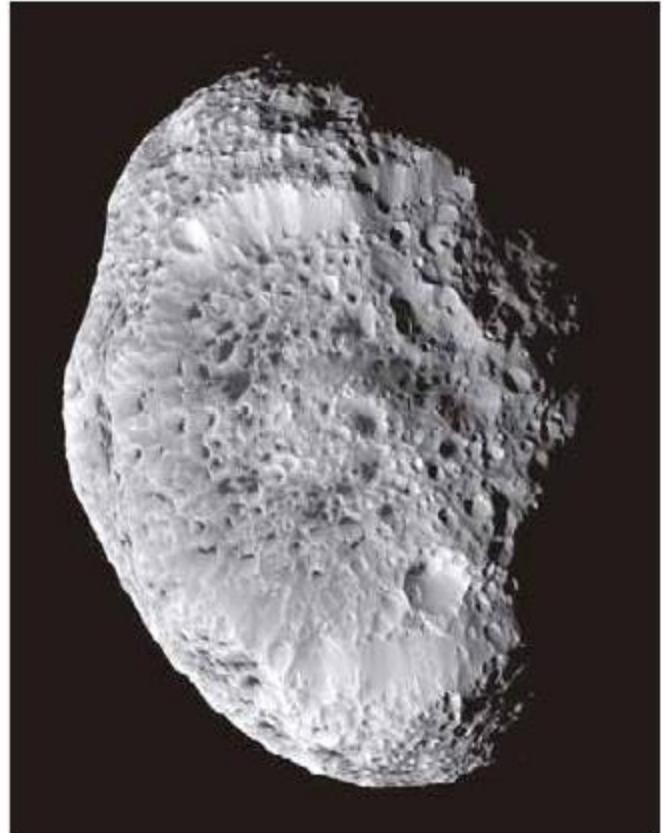


FIGURA 24.29. El satélite Hyperion de Saturno golpeado por los impactos, fotografiado por la *Cassini Orbiter*. Los geólogos planetarios creen que la superficie de Hyperion es tan fina y porosa que los impactos la horadan (Cortesía de la NASA/JPL).

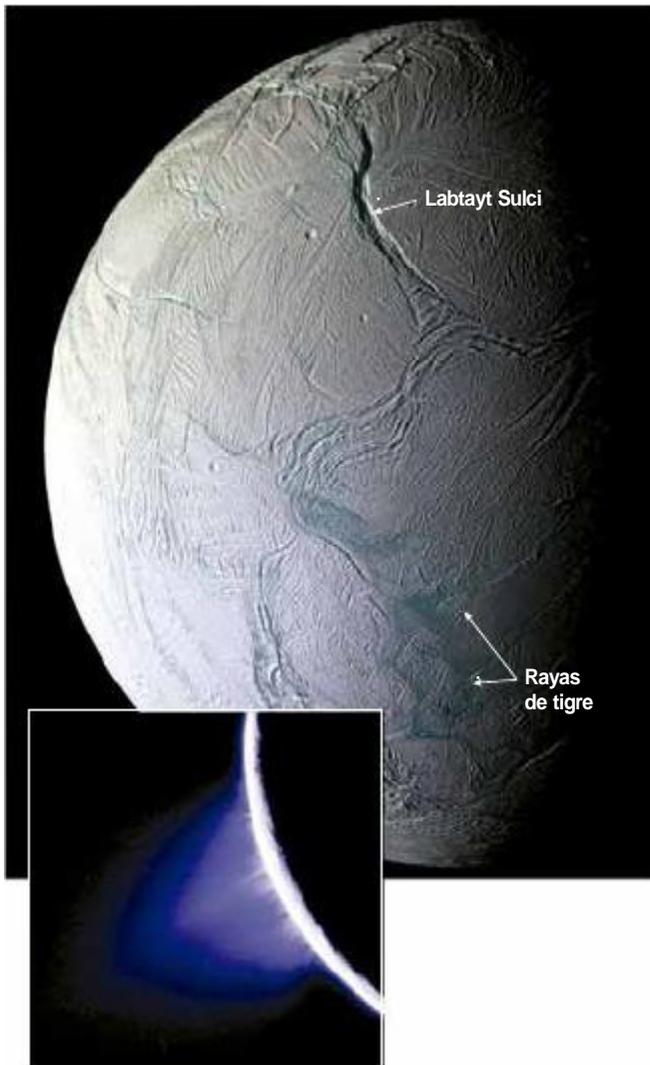


FIGURA 24.30. La nave espacial *Cassini* de la NASA capturó este mosaico del satélite helado, tectónicamente activo de Saturno, Enceladus. El hemisferio norte contiene una sima de 1 kilómetro de profundidad, con estructuras lineales, llamadas rayas de tigre, que son visibles en la parte inferior derecha. El detalle muestra los chorros que escupen partículas de hielo, vapor de agua, y compuestos orgánicos en la zona de las rayas de tigre (Cortesía de la NASA/JPL).

expulsión de gas, compuesto fundamentalmente por agua, es la fuente principal de reposición del material del anillo E de Saturno. Esta actividad parecida a un géiser tiene lugar en una zona denominada «rayas de tigre», compuesta por cuatro grandes fracturas con dorsales a cada lado.

Sistema de anillos de Saturno

A principios de la década de 1980, las misiones de los vehículos espaciales impulsados por energía nuclear *Voyager 1* y *2* exploraron Saturno a unos 160.000 km de su superficie. Se obtuvo más información en unos pocos

días de la que se había adquirido desde que Galileo miró por primera vez con el telescopio este «elegante planeta» a principios del siglo XVII. Más recientemente las observaciones desde los telescopios terrestres, el telescopio espacial Hubble y la nave *Cassini-Huygens* han contribuido a nuestro conocimiento sobre el sistema de anillos de Saturno. En 1995 y 1996, cuando las posiciones de la Tierra y de Saturno permitieron ver los anillos de canto, pudo visualizarse los anillos más tenues y los satélites de Saturno. (Los anillos pudieron verse de nuevo en 2009).

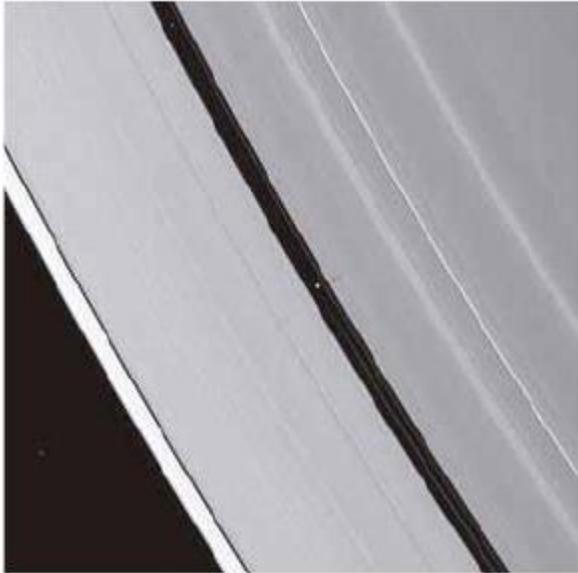
El sistema de anillos de Saturno se parece más a un gran disco en rotación de distintas densidades y luminosidad que a una serie de anillos independientes. Cada anillo está compuesto por partículas individuales (principalmente por hielo de agua con cantidades menores de derrubios rocosos) que rodean el planeta mientras impactan de forma regular unos contra otros. Solo hay unos pocos huecos; la mayoría de las zonas que parecen espacios vacíos o bien contienen finas partículas de polvo, o bien partículas de hielo recubiertas que no reflejan la luz con eficacia.

La mayoría de los anillos de Saturno se clasifican en dos categorías en función de su densidad. Los anillos principales de Saturno (brillantes), denominados A y B, están muy comprimidos y contienen partículas cuyo tamaño varía desde unos pocos centímetros (el tamaño de un guijarro) a decenas de metros (el tamaño de una casa), pero la mayoría son del tamaño de una bola de nieve grande (véase Figura 24.28). En los anillos densos, las partículas colisionan con frecuencia cuando orbitan alrededor del planeta. Los principales anillos de Saturno, A y B, tienen 40.000 km de anchura, pero son muy delgados, de 10 a 30 m de arriba abajo.

En el otro extremo están los anillos más débiles (C, D, F, G, y E). El anillo más exterior de Saturno, que no es visible en la Figura 24.28, está compuesto por partículas muy dispersas del tamaño del humo. Se cree que los anillos más débiles son más gruesos (de 100 a 1.000 m) que los anillos más luminosos de Saturno, pero no existen aún pruebas concluyentes.

Los estudios han demostrado que la influencia gravitacional de las lunas cercanas tiende a guiar las partículas de los anillos alterando sus órbitas (Figura 24.31). Por ejemplo, el anillo F, que es muy estrecho, parece ser producto de los satélites situados a cada lado que confinan al anillo tirando de las partículas que intentan escapar. Por el contrario la División Cassini, un espacio claramente visible en la Figura 24.28, se forma debido al tirón gravitacional de la luna de Júpiter, Mimas.

Se cree que las partículas de los anillos son derrubios expulsados de estas lunas. También es posible que el material se recicle de manera continua entre los anillos y las lunas anulares. Las lunas de los anillos arrastran partículas de manera gradual, que son expulsadas



A.



B.

FIGURA 24.31. Dos de las lunas de los anillos de Saturno. **A.** Pan es una pequeña luna de unos 30 km de diámetro que orbita en el espacio Encke, situado en el anillo A. Es responsable de mantener abierto el hueco Encke. **B.** Prometheus, una luna con forma de patata, actúa como asesor de los anillos. Su gravedad ayuda a confinar las pequeñas lunas del delgado anillo F de Saturno (Cortesía de la NASA/JPL).

posteriormente por colisiones con grandes fragmentos de material anular, o quizá por colisiones energéticas con otras lunas. Así, parece que los anillos planetarios no son las estructuras atemporales que habíamos creído; antes bien, se reinventan de manera continua.

El origen de los sistemas de anillos planetarios es todavía objeto de debate. Quizá los anillos se formaron

simultáneamente y del mismo material que los planetas y las lunas condensándose a partir de una nube aplanada de polvo y gases que rodeaba el planeta progenitor. O quizá se formaron después, cuando una luna o un asteroide grande se separó gravitacionalmente tras desviarse demasiado cerca de un planeta. Aún otra hipótesis sugiere que un cuerpo extraño sacudió y apartó una de las lunas del planeta. Los fragmentos procedentes de este impacto tenderían a empujarse unos a otros y formarían un anillo plano y delgado. Los investigadores esperan que se haga más luz sobre el origen de los anillos planetarios cuando la nave espacial *Cassini* continúe su exploración de Saturno.

Urano y Neptuno, los gemelos

La Tierra y Venus tienen rasgos similares, pero Urano y Neptuno quizá merezcan más el apodo de «gemelos». Tienen casi el mismo diámetro: unas cuatro veces el tamaño de la Tierra. Ambos muestran un color azulado, atribuible al metano de sus atmósferas. Sus días tienen casi la misma duración y sus núcleos están compuestos por silicatos rocosos y por hierro, parecidos a otros gigantes gaseosos. Se cree que sus mantos, compuestos principalmente por agua, amoníaco, y metano, son completamente diferentes a los de Júpiter y Saturno (véase Figura 24.3). Una de las diferencias más pronunciadas entre Urano y Neptuno es el tiempo que tardan en completar una revolución alrededor del Sol: 84 y 165 años terrestres, respectivamente.

Urano: el planeta «de canto»

Una característica exclusiva de Urano es su eje de rotación, que se encuentra casi paralelo a su eclíptica (rota «sobre su lado»). Su movimiento rotacional, por consiguiente, se parece más al de una pelota que rueda que al de una peonza (Figura 24.32). Es probable que esta inusual característica de Urano se deba a un enorme impacto que puso al planeta de canto con respecto a su órbita original al principio de su evolución.

Urano, que se creía que carecía de meteorología, muestra evidencia de grandes sistemas de tormentas del tamaño de Estados Unidos. Las fotografías recientes tomadas por el telescopio espacial Hubble también muestran bandas de nubes compuestas principalmente de hielo de amoníaco y de metano, parecido a otros sistemas de nubes de otros gigantes gaseosos.

Lunas de Urano

Vistas espectaculares desde el *Voyager 2* de las cinco lunas mayores de Urano muestran terrenos muy variados. Algunas tienen largos y profundos cañones y

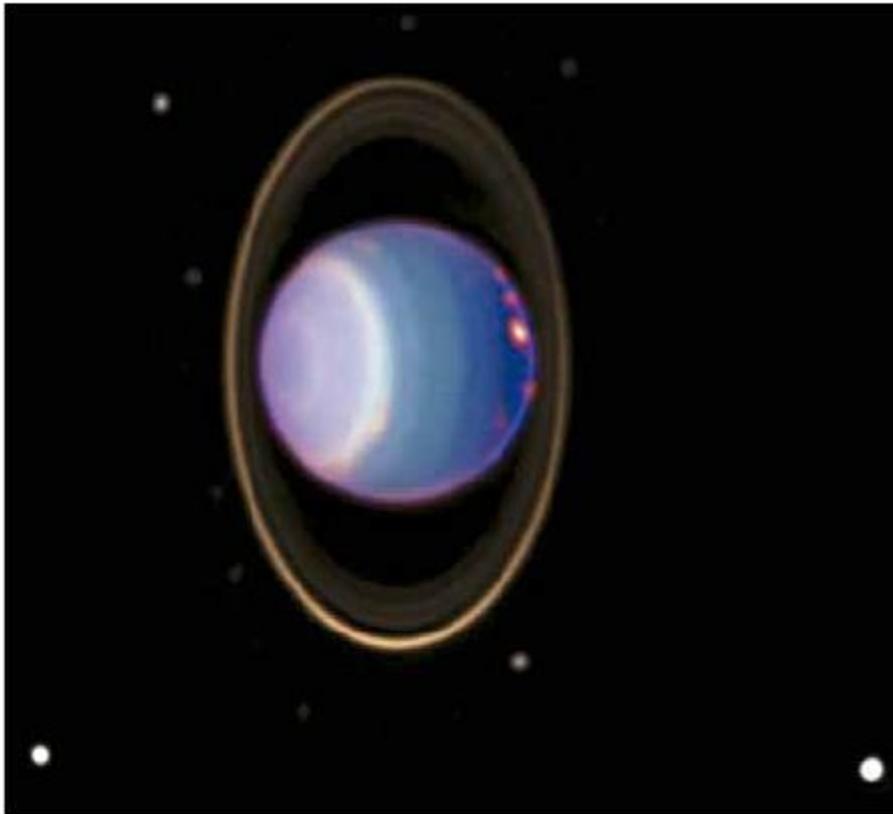


FIGURA 24.32. Urano rodeado por sus anillos principales y 10 de sus 17 lunas conocidas. También son visibles los patrones de nubes y varios sistemas de nubes ovales. La imagen de falso color fue generada a partir de los datos obtenidos por la cámara de infrarrojos cercanos del Hubble (Imagen del telescopio espacial Hubble cortesía de la NASA).

acantilados lineales, mientras que otras poseen grandes áreas lisas sobre superficies, por lo demás, acribilladas de cráteres (Figura 24.33). Los estudios realizados en el Jet Propulsion Laboratory de California sugieren que Miranda, la más interna de las cinco lunas más grandes, ha experimentado actividad geológica reciente; probablemente impulsada por el calentamiento gravitacional, como ocurre en Ío.

Anillos de Urano

Un descubrimiento sorprendente realizado en 1977 reveló que Urano tiene un sistema de anillos. Este hallazgo se produjo conforme Urano pasaba por delante de una estrella distante y bloqueó su visión, un proceso denominado *ocultación* (*occult* = escondido). Los observadores vieron la estrella «parpadear» brevemente cinco veces (lo que significa cinco anillos) antes de la ocultación principal y luego otras cinco veces más (véase Figura 24.32). Las observaciones más recientes sobre el terreno y desde el espacio indican que Urano tiene al menos diez afilados anillos diferenciados que orbitan alrededor de su región ecuatorial. Entremezclados entre estas distintivas estructuras hay anchas láminas de polvo.

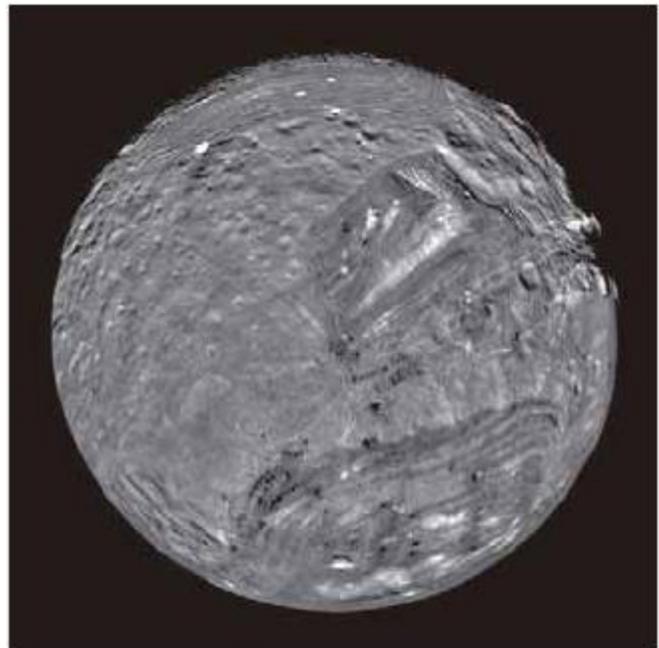


FIGURA 24.33. Imagen de la luna de Urano, Miranda, obtenida por el *Voyager*. La superficie de Miranda la conforman tanto un terreno antiguo, muy craterizado, como uno reciente que contrasta y que se caracteriza por simas, acantilados y dorsales (Cortesía de la NASA/USGS).

Neptuno: el planeta ventoso

Debido a su gran distancia de la Tierra, los astrónomos conocían muy poco sobre Neptuno hasta 1989. Doce años y casi 4.500 miles de millones de kilómetros de viaje de la *Voyager 2* proporcionaron a los investigadores una increíble oportunidad para ver el planeta más exterior del Sistema Solar.

Neptuno tiene una atmósfera dinámica, muy parecida a la del resto de los planetas jovianos (Figura 24.34). Vientos que superan los 2.400 km por hora rodean al planeta convirtiéndolo en uno de los lugares más ventosos del Sistema Solar. Recordemos que Neptuno exhibe grandes puntos oscuros que parecen tormentas de rotación similares al Gran Punto Rojo de Júpiter. Sin embargo, las tormentas de Neptuno parecen durar comparativamente poco, solo unos pocos años. Otra característica que Neptuno comparte con los otros planetas jovianos son capas de nubes blancas similares a cirros (probablemente de metano congelado) unos 50 km por encima del principal banco de nubes.

Lunas de Neptuno

Neptuno tiene 13 satélites conocidos, el mayor de ellos es la luna Tritón; los 12 restantes son pequeños

cuerpos de forma irregular. Tritón es la única gran luna del Sistema Solar que exhibe un movimiento retrógrado, lo que indica que con mucha probabilidad se formó de manera independiente y más tarde fue capturado gravitacionalmente por Neptuno (Figura 24.35).

Tritón y otras lunas heladas expulsan hielos «fluidos», una sorprendente manifestación de vulcanismo. El **criovulcanismo** (del griego *kryos*, que significa «helado») describe la erupción de magmas procedentes de la fusión parcial del hielo y no de rocas silicatadas. El magma helado de Tritón es una mezcla de hielo de agua, metano, y probablemente amoníaco. Cuando se fusiona parcialmente, esta mezcla se comporta como lo hace la roca fundida en la Tierra. De hecho, al alcanzar la superficie, estos magmas pueden generar lentos flujos de lavas congeladas, o en ocasiones, provocar erupciones explosivas. Una columna eruptiva explosiva puede generar el equivalente helado de la lava volcánica. En 1989, el *Voyager 2* detectó plumas activas sobre Tritón que ascendían hasta 8 km por encima de la superficie y se desplazaban a favor del viento a lo largo de 100 km. En otros ambientes, se forman lavas heladas que pueden fluir grandes distancias desde su origen, igual que las coladas basálticas fluidas de Hawái.



FIGURA 24.34. Esta imagen de Neptuno muestra el Gran Punto Oscuro (centro izquierda). También son visibles nubes brillantes de tipo cirro que se mueven a gran velocidad alrededor del planeta. Un segundo punto oval se encuentra en la latitud sur en el extremo este del planeta (Cortesía del Jet Propulsion Laboratory).

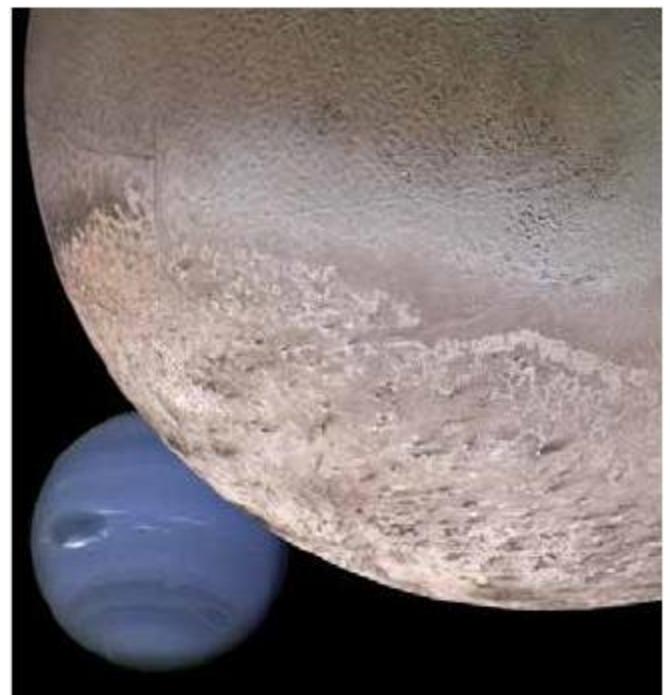


FIGURA 24.35. Este montaje muestra a Tritón, la mayor luna de Neptuno, con Neptuno al fondo. En la parte inferior de la imagen se puede observar el viento en Tritón y el casquete polar meridional erosionado por la sublimación. La sublimación es el proceso mediante el cual un sólido (hielo) se transforma directamente en un gas (Cortesía de la NASA/JPL).

Anillos de Neptuno

Neptuno tiene cinco anillos con nombre, dos de los cuales son anchos y tres estrechos: puede que no superen los 100 km de anchura. El anillo exterior parece estar confinado parcialmente por el satélite Galatea. Los anillos de Neptuno son muy similares a los de Júpiter en su tenue aspecto, lo que sugiere que están compuestos principalmente por partículas del tamaño del polvo. Los anillos de Neptuno también muestran colores rojizos, lo que indica una composición orgánica del polvo.

CUERPOS MENORES DEL SISTEMA SOLAR

Existen infinitos fragmentos de derrubios en los amplios espacios que separan los ocho planetas y en los confines exteriores del Sistema Solar. En 2006 la Unión Astronómica Internacional organizó los objetos del Sistema Solar no clasificados como planetas o lunas en dos amplias categorías: (1) planetas enanos y (2) pequeños cuerpos del Sistema Solar como *asteroides*, *cometas*, y *meteoroides*. El agrupamiento más reciente, el de los planetas enanos, abarca desde Ceres, el objeto más grande conocido en el cinturón de asteroides, a Plutón, antes considerado un planeta.

Los asteroides y los meteoroides están compuestos por material rocoso o metálico con composiciones parecidas a la de los planetas terrestres. Se distinguen por su tamaño: los asteroides tienen más de 100 m de diámetro, mientras que los meteoroides miden menos de 100 m. Por otro lado, los cometas son acumulaciones sueltas de hielos, polvo y pequeñas partículas rocosas que se originan en los confines del Sistema Solar.

Asteroides: residuos de los planetesimales

Los **asteroides** son cuerpos pequeños (planetesimales) remanentes de la formación del Sistema Solar, por lo que su antigüedad se estima en unos 4.600 millones de años. La mayoría de los asteroides orbitan alrededor del Sol entre Marte y Júpiter en la región conocida como el **cinturón de asteroides** (Figura 24.36). Solo cinco de ellos tienen más de 400 km de diámetro, pero el Sistema Solar alberga un número estimado de uno a dos millones de asteroides mayores de 1 kilómetro, y muchos millones que son más pequeños. Algunos viajan a lo largo de órbitas excéntricas que los llevan muy cerca del Sol, y otros pasan regularmente cerca de la Tierra y de la Luna (asteroides que cruzan la Tierra). Es probable que muchos de los grandes cráteres de impactos recientes sobre la Luna y la Tierra fueran el resultado de colisiones con asteroides. Se conocen unos 2.000 asteroides que cruzan la órbita de la Tierra, un tercio de los cuales tiene más de 1 kilómetro de diámetro. Es inevitable que vuelvan a producirse colisiones entre un asteroide y la Tierra (Recuadro 24. 2).

Debido a que muchos asteroides tienen formas irregulares, los geólogos planetarios especularon primero con la posibilidad de que fueran fragmentos de un planeta roto que una vez orbitó entre Marte y Júpiter (Figura 24.37). Sin embargo, se calcula que la masa total de los asteroides es solo de una milésima parte la de la Tierra, que a su vez no es un planeta grande. Hoy, la mayoría de los investigadores coinciden en que los asteroides son derrubios remanentes de la nebulosa solar. Los asteroides tienen densidades menores de lo que señalaron los científicos originalmente, lo que sugiere que son cuerpos porosos, como escombros apilados que se mantienen unidos.

En febrero de 2001, una nave espacial estadounidense se convirtió en el primer visitante de un asteroide. Aunque no había sido diseñada para aterrizar, la nave *NEAR Shoemaker* aterrizó satisfactoriamente sobre Eros

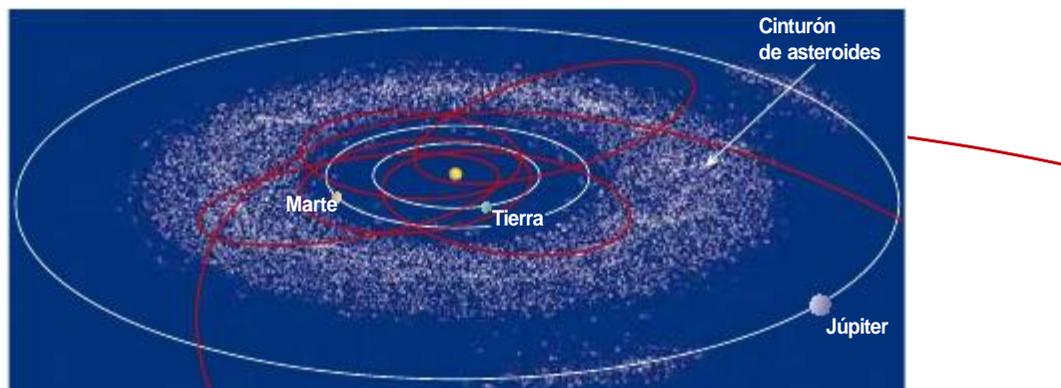


FIGURA 24.36. Las órbitas de los principales asteroides se encuentran entre Marte y Júpiter. También se muestran las órbitas conocidas de unos pocos asteroides próximos a la Tierra.

La Tierra como sistema

¿Está la Tierra en una dirección de colisión?

RECUADRO 24.2

El Sistema Solar está repleto de asteroides, cometas activos y cometas extintos. Estos fragmentos viajan a grandes velocidades y pueden golpear la Tierra con la fuerza explosiva de una bomba nuclear potente.

En las últimas décadas, cada vez ha resultado más claro que los cometas y los asteroides han chocado contra la Tierra con mucha más frecuencia de lo que previamente se sabía. La prueba se encuentra en estructuras de impacto gigantes que han podido identificarse (Figura 24.C). (Muchos de ellos se atribuyeron erróneamente al resultado de algún proceso volcánico.) Y la mayoría de las estructuras de impacto son tan antiguas y están tan erosionadas que no fueron descubiertas hasta que se dispuso de imágenes por satélite (Figura 24.D). Una notable excepción es un cráter de aspecto muy reciente que se encuentra cerca de Winslow, Arizona, y se conoce como Meteor Crater (véase Figura 24.42). Este cráter fue producido por un cuerpo relativamente pequeño, del tamaño aproximado de una piscina olímpica (50 m de diámetro).

Hace unos 65 millones de años un gran asteroide de aproximadamente 10 km de diámetro chocó contra la Tierra cerca de la península de Yucatán en México. Este impacto puede haber causado la extinción de los dinosaurios, así como casi el 50 por ciento de todas las especies vegetales y animales (véase Capítulo 22).

Más recientemente, una explosión espectacular se ha atribuido a la colisión de nuestro planeta con un cometa o asteroide. En 1908, en una región remota de Siberia, explotó una «bola de fuego» que parecía más brillante que el Sol, con una fuerza violenta. Las ondas del choque rompieron ventanas y provocaron reverberaciones que se escucharon a una distancia de hasta 1.000 km. El «acontecimiento Tunguska», como se le denomina, descorchó, arrancó ramas, y derribó árboles a 30 km de distancia del epicentro. Pero las expediciones a la zona no encontraron pruebas de un cráter de impacto, ni fragmentos metálicos de ningún tipo. Evidentemente la explosión, cuya potencia fue por lo menos similar a una bomba nuclear de 10 megatones, se produjo a muy pocos kilómetros por encima de la superficie. Lo más probable es que fuera la muerte de un cometa o quizá de un asteroide pétreo. No está claro por qué explotó antes del impacto.

Los peligros de vivir con estos objetos pequeños, pero mortales, en el espacio llegaron de nuevo a la opinión pública en 1989, cuando un asteroide de casi un kilómetro estuvo a tiro de la Tierra. Estuvo a dos veces la distancia de la Luna. Viajando a 70.000 km por hora, pudo haber producido un cráter de 10 km de diámetro y quizá 2 km de profundidad. Como indicó un observador, «tarde o temprano volverá». Atravesó nuestra órbita justo 6 h por delante de la Tierra. Las



FIGURA 24.D. Manicouagan, Quebec, es una estructura de impacto erosionada de 200 millones de años de antigüedad. El lago perfila el resto del cráter, que tiene un diámetro de 70 km. Las fracturas relacionadas con este acontecimiento se extienden hacia fuera otros 30 km (Cortesía de la U. S. Geological Survey).



FIGURA 24.C. Mapa mundial de las principales estructuras de impacto. Cada año se identifican más (Datos del Griffith Observatory).

estadísticas demuestran que colisiones de esta tremenda magnitud deben tener lugar cada pocos centenares de millones de años y podrían tener consecuencias dramáticas para la vida en la Tierra. Las colisiones con cuerpos mayores de 6 km, provocaron extinciones en masa, que se esperan cada 100 millones de años.

Los científicos de la NASA rastrean continuamente los objetos cercanos a la Tierra. Cuando los asteroides o los cometas pasan cerca de cualquier gran cuerpo del Sistema Solar, sus órbitas pueden alterarse por la interacción gravitacional, que puede enviarlos de camino hacia la Tierra. Desde mayo de 2009, se han descubierto más de 6.000 objetos cercanos a la Tierra, de los cuales algo más de 1.000 han sido clasificados como asteroides potencialmente peligrosos.

Primer plano de la superficie

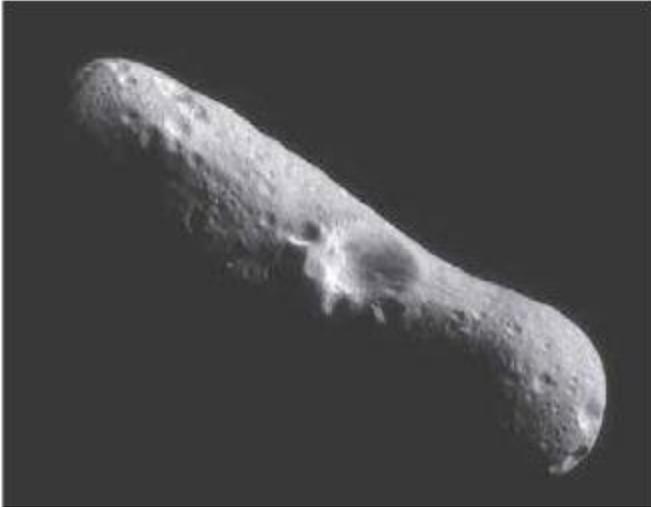
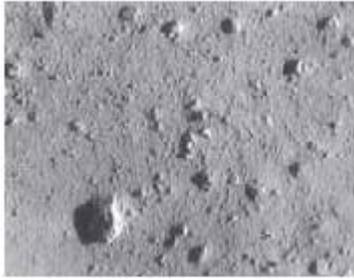


FIGURA 24.37. Imagen del asteroide Eros obtenida por la sonda *EAR- hoema er*. El detalle muestra un primer plano de la desierta superficie rocosa de Eros (Cortesía de la NASA).

y generó información que ha dejado a los geólogos planetarios intrigados y perplejos. Las imágenes obtenidas mientras la nave espacial se movía a una velocidad de 6 km por hora hacia la superficie de Eros revelaron una superficie rocosa y árida compuesta de partículas cuyo tamaño oscilaba entre el polvo fino y bloques de hasta 10 m de diámetro (Figura 24.37). Inesperadamente los investigadores descubrieron que los derrubios finos se concentran en las zonas inferiores que forman depósitos planos parecidos a estanques. Alrededor de las áreas bajas, el paisaje está marcado por una abundancia de bloques grandes.

Una de las diversas hipótesis consideradas como una explicación para la topografía llena de bloques es el temblor sísmico, que desplazaría los bloques hacia arriba a medida que hundirían los materiales más pequeños. De manera análoga a lo que ocurre cuando se agita una lata de frutos secos variados, los materiales más grandes suben a la parte superior, mientras que los materiales más pequeños se depositan en el fondo.

Evidencias indirectas provenientes de meteoritos sugieren que algunos asteroides pueden haber sido calentados por un enorme acontecimiento de impacto. Es posible que se fusionaran por completo unos cuantos grandes asteroides, provocando que se diferenciara entre el denso núcleo de hierro y el manto rocoso. En

noviembre de 2005, la sonda japonesa, *Hayabusa*, aterrizó sobre un pequeño asteroide cercano a la Tierra llamado 25143 Itokawa y está programado para que envíe muestras a la Tierra antes de junio de 2010.

Cometas: bolas de nieve sucias

Los **cometas**, como los asteroides, son material sobrante de la formación del Sistema Solar. Están compuestos de material rocoso, polvo, hielo de agua y gases congelados (amoníaco, metano y dióxido de carbono), de ahí el sobrenombre de «bolas de nieve sucias». Recientes misiones espaciales a cometas han revelado que sus superficies están secas y polvorientas, lo que indica que sus hielos están ocultos bajo una capa rocosa.

La mayoría de los cometas residen en los confines del Sistema Solar y tardan cientos de miles de años en completar una sola órbita alrededor del Sol. Sin embargo, unos pocos *cometas de periodo corto* (con periodos orbitales de menos de 200 años), como el cometa Halley, tienen encuentros regulares con el Sistema Solar interno (Figura 24.38). El cometa de periodo más corto (cometa de Encke) orbita alrededor del Sol una vez cada tres años.

Todos los fenómenos asociados a los cometas provienen de un pequeño cuerpo central denominado **núcleo**. Estas estructuras suelen tener de 1 a 10 km de diámetro, pero se han observado núcleos de 40 km de diámetro. Cuando los cometas alcanzan el Sistema Solar interno, la energía solar comienza a vaporizar sus hielos. Los gases que se liberan portan polvo de la superficie del cometa, produciendo un halo resplandeciente, denominado **cabellera** o **coma** (Figura 24.39). Dentro de la cabellera, a veces puede detectarse un pequeño núcleo resplandeciente con un diámetro de tan solo unos pocos kilómetros.

Conforme los cometas se aproximan al Sol, la mayoría desarrolla una cola que se prolonga a lo largo de millones de kilómetros. La cola de un cometa apunta en la dirección opuesta al Sol de una manera ligeramente curvada (Figura 22.38), lo que llevó a los primeros astrónomos a proponer que el Sol tiene una fuerza repulsiva que hace retroceder las partículas de la cabellera, formando así la cola. Los científicos han identificado dos fuerzas solares que contribuyen a esta formación. Una es la *presión de radiación*, provocada por la energía radiante (luz) que emite el Sol, y la otra es el *viento solar*, un flujo de partículas cargadas eyectadas desde el Sol. A veces, se produce una sola cola compuesta de polvo y gases ionizados, pero a menudo se observan dos colas (Figura 24.40). Las partículas de polvo más pesadas producen una cola ligeramente curvada que sigue la órbita de los cometas; mientras que los gases ionizados muy ligeros son empujados directamente hacia el lado contrario al Sol, formando así la segunda cola.



FIGURA 24.38. Orientación de la cola del cometa a medida que gira en su órbita alrededor del Sol.

A medida que la órbita del cometa lo aleja del Sol, los gases que forman la cabellera vuelven a condensarse, la cola desaparece y el cometa vuelve a convertirse en un depósito de frío. El material que se expulsó

de la cabellera para formar la cola se pierde para siempre. Una vez expulsados todos los gases, el cometa inactivo, que es muy parecido a un asteroide, continúa la órbita sin cabellera ni cola. Por consiguiente, se cree que son pocos los cometas que permanecen activos durante más de unos pocos centenares de órbitas cerca del Sol.

Las primeras muestras de la cabellera de un cometa (el cometa Wild 2) fueron enviadas a la Tierra en enero de 2006 por la nave espacial *Stardust* de la NASA (Figura 24.41). Las imágenes de la *Stardust* muestran que la superficie del cometa estaba repleta de depresiones con el fondo plano aparentemente secas, aunque



FIGURA 24.39. Cabellera del cometa Holmes orbitando alrededor del Sol. El núcleo del cometa es el punto claro en el centro. El cometa Holmes, que orbita alrededor del Sol cada seis años, estuvo inusualmente activo durante su entrada más reciente al Sistema Solar interno (Imagen del telescopio espacial Spitzer, cortesía de la NASA).



FIGURA 24.40. Cometa Hale-Bopp. Las dos colas que se ven en la fotografía tienen una longitud entre 10 y 15 millones de millas (Fotografía de la Peoria Astronomical Society de Eric Clifton y Greg Neaveill).

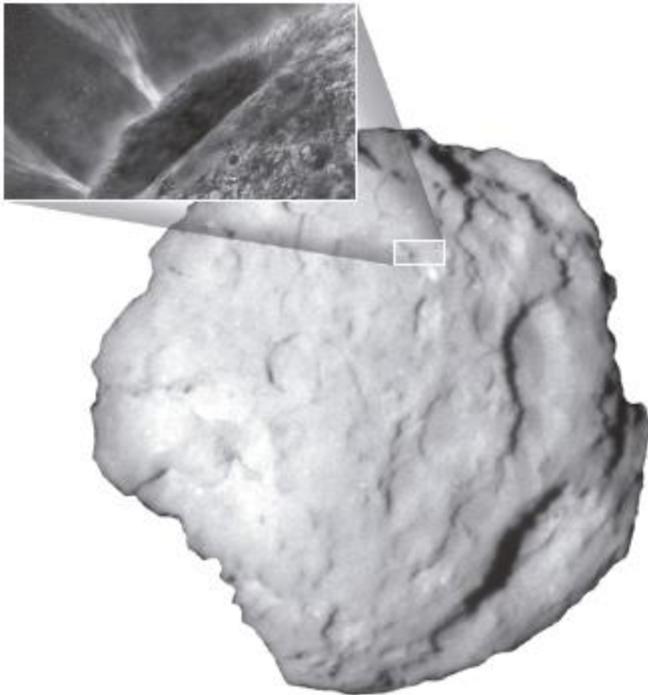


FIGURA 24.41. El cometa Wild 2, capturado por la nave espacial *tardust* de la NASA durante su vuelo de reconocimiento del cometa. En el detalle, la visión artística que muestra los chorros de gas y polvo que emanan del cometa Wild 2 (Cortesía de la NASA).

había al menos 10 chorros gaseosos activos. Los estudios de laboratorio revelaron que la cabellera contenía una amplia gama de compuestos orgánicos, además de cantidades sustanciales de cristales de silicatos.

La mayoría de los cometas se originan en una de dos regiones del Sistema Solar: el *cinturón de Kuiper* o la *nube de Oort*. En la región denominada **cinturón de Kuiper**, en honor al astrónomo Gerald Kuiper, que había predicho su existencia, se encuentran los cometas que orbitan el Sistema Solar externo, más allá de Neptuno (véase Figura 24.1). Se cree que esta estructura en forma de disco contiene cerca de mil millones de objetos de más de un kilómetro. Sin embargo, la mayoría de los cometas son demasiado pequeños y están demasiado lejos como para ser observados desde la Tierra, aun utilizando el telescopio espacial Hubble. Como los asteroides del Sistema Solar interno, la mayoría de cometas del cinturón de Kuiper se mueven en órbitas casi elípticas que se sitúan casi en el mismo plano que los planetas. Una colisión casual entre dos cometas del cinturón de Kuiper, o la influencia gravitacional de uno de los planetas jovianos, puede alterar ocasionalmente la órbita de un cometa lo bastante como para enviarlo al Sistema Solar interno y a nuestro campo de visión.

El cometa Halley se originó en el cinturón de Kuiper. Su periodo orbital tiene una media de 76 años y cada una de sus 29 apariciones desde el año 240 a.C.

fue registrada por los astrónomos chinos. Este registro es un testimonio de su dedicación como observadores astronómicos y de la resistencia de su cultura. Cuando se vio en 1910, el cometa Halley había desarrollado una cola de casi 1,6 millones de km de largo y era visible durante las horas diurnas.

En 1986, la aparición nada espectacular del cometa Halley fue una decepción para muchos habitantes del hemisferio norte que habían anticipado un espectáculo magnífico. Sin embargo, fue durante su visita más reciente al Sistema Solar interno cuando la sonda europea *Giotto* se aproximó a 600 km del núcleo del cometa y obtuvo las primeras imágenes de la estructura del cometa. Sabemos ahora que el núcleo tiene forma de patata y un tamaño de unos 15 por 8 km. Su superficie es irregular y está llena de hoyos en forma de cráteres. Cuando fue observado por *Giotto*, solo alrededor del 10 por ciento de la superficie del cometa emitía chorros activos, que fueron visibles cuando la luz del Sol llegó a la superficie. El resto del área superficial del cometa parecía estar cubierta por una capa oscura que puede consistir en material orgánico. Esta capa oscura permite la absorción de energía solar que impulsa la expulsión de gases.

La **nube de Oort**, en homenaje al astrónomo holandés Jan Oort, está formada por cometas que se distribuyen en todas direcciones desde el Sol, formando una concha esférica alrededor del Sistema Solar. Se cree que la mayoría de los cometas de la nube de Oort orbitan el Sol a distancias mayores que 10.000 veces la distancia entre la Tierra y el Sol. Se cree que el efecto gravitacional de una estrella pasajera distante envía un cometa ocasional de la nube de Oort hacia una órbita muy excéntrica que lo transporta hacia el Sol. Sin embargo, solo una pequeña porción de los cometas de la nube de Oort tienen órbitas que los lleven al Sistema Solar interior.

Meteoroides: visitantes de la Tierra

Casi todos hemos visto un **meteoro**, normalmente denominado «estrella fugaz». Este rayo de luz dura entre un parpadeo y unos pocos segundos y se produce cuando una pequeña partícula sólida, un **meteoroides**, entra en la atmósfera terrestre desde el espacio interplanetario. El calor, creado por la fricción entre el meteoroides y el aire, produce la luz que vemos surcar el cielo. La mayoría de meteoroides se origina a partir de una de las tres fuentes siguientes: (1) derrubios interplanetarios que no fueron atraídos gravitacionalmente por los planetas durante la formación del Sistema Solar, (2) material desplazado de manera continua desde el cinturón de asteroides y (3) restos sólidos de cometas que se habían movido cerca de la órbita terrestre. Se cree que unos pocos meteoroides

son fragmentos de la Luna, o posiblemente de Marte, que fueron expulsados cuando un asteroide impactó contra estos cuerpos. Antes de que los astronautas de la nave *Apollo* trajeran rocas lunares a la Tierra, los meteoritos eran los únicos materiales extraterrestres que podían estudiarse en el laboratorio.

Los meteoroides con diámetros menores de 1 metro suelen evaporarse antes de alcanzar la superficie de la Tierra. Algunos, denominados *micrometeoritos*, son tan pequeños que su velocidad de caída se hace demasiado pequeña como para quemarlos, de manera que quedan en forma de polvo espacial. Los investigadores estiman que miles de meteoroides entran en la atmósfera terrestre cada día. Después de la puesta del Sol en una noche clara, media docena o más brillan lo suficiente como para ser vistos cada hora, a simple vista, desde cualquier parte de la Tierra.

En ocasiones, la visión de los meteoros aumenta notablemente a 60 o más por hora. Estas exhibiciones denominadas **lluvias de meteoros**, se producen cuando la Tierra encuentra un enjambre de meteoroides que viajan en la misma dirección y a casi la velocidad de la Tierra. La estrecha asociación de esos enjambres con las órbitas de algunos cometas sugiere que representan material perdido por esos cometas (Tabla 24.2). Algunos enjambres no asociados con órbitas de cometas conocidos son probablemente los restos del núcleo de un cometa que desapareció ya hace tiempo. Se cree que la gran lluvia de *meteoros de Perseida* que se produce cada año en torno al 12 de agosto son los restos del cometa *Swift-Tuttle* en acercamientos previos al Sol.

Es probable que la mayoría de los meteoroides lo suficientemente grandes como para sobrevivir al calor de la entrada se origine entre los asteroides, donde las colisiones aleatorias modifican sus órbitas y los envían hacia la Tierra. La fuerza gravitacional de la Tierra hace el resto.

Tabla 24.2. Principales lluvias de meteoritos.

Lluvia	Fechas aproximadas	Cometa asociado
Quadrantida	4-6 de enero	
Lyrída	20-23 de abril	Cometa 1861 I
Eta Aquarida	3-5 de mayo	Cometa Halley
Delta Aquarida	30 de julio	
Perseida	12 de agosto	Cometa 1862 II
Draconida	7-10 de octubre	Cometa Giacobini-Zinner
Orionida	20 de octubre	Cometa Halley
Taurida	3-13 de noviembre	Cometa Encke
Andromedida	14 de noviembre	Cometa Biela
Leonida	18 de noviembre	Cometa 1866 I
Germinida	4-16 de diciembre	

Unos pocos meteoroides grandes han producido cráteres en la superficie de la Tierra que se parecen mucho a los de la superficie lunar. Al menos 40 cráteres terrestres exhiben características que solo podrían haberse producido por un impacto explosivo de un asteroide grande, o incluso por el núcleo de un cometa. Más de los 250 cráteres restantes pueden tener su origen en un impacto. El más famoso es el Cráter Meteor de Arizona, una enorme cavidad de más de 170 m de profundidad y un anillo que sobresale hacia arriba por encima del paisaje circundante (Figura 24.42). En el área inmediata se han encontrado más de 30 toneladas de fragmentos de hierro, pero los intentos para localizar un cuerpo principal no han tenido éxito. Teniendo en cuenta la erosión, el impacto se produjo probablemente en los últimos 50.000 años.

Los restos de meteoroides, cuando se encuentran en la Tierra, se denominan meteoritos (Figura 24.43). Según su composición, los **meteoritos** pueden ser: (1) *sideritos*, fundamentalmente de hierro, con un 5 a un 20 por ciento de níquel; (2) *aerolitos*, silicatos con inclusiones de otros minerales y (3) *siderolitos*, mezclas de los anteriores. Aunque los aerolitos son probablemente los meteoritos más comunes, se encuentran grandes cantidades de sideritos porque los meteoritos metálicos resisten mejor el impacto, experimentan meteorización con más lentitud y son mucho más fáciles de distinguir de las rocas terrestres por una persona no especializada. Los sideritos son probablemente fragmentos de núcleos de grandes asteroides o de planetas pequeños diferenciados.

Se observó que una clase de meteorito, denominada *condrita carbonácea*, contenía aminoácidos sencillos y otros compuestos orgánicos, que son los bloques de construcción básica de la vida. Este descubrimiento confirma hallazgos similares de la astronomía observacional, que indican que existen numerosos compuestos orgánicos en el frío reino del espacio exterior.

Los meteoritos descubiertos accidentalmente se denominan *hallazgos*, mientras que aquellos que se encuentran tras haber observado el acontecimiento se denominan *caídos*. Aunque se han encontrado meteoritos en muchos lugares, uno de los sitios donde se encuentran con más facilidad es el casquete polar antártico. Debido a que hay pocas zonas rocosas en este gigante casquete polar, es muy probable que casi cualquier roca que se encuentra en su superficie sea un meteorito.

Se han empleado datos provenientes de meteoritos para averiguar la estructura interna de la Tierra y la edad del Sistema Solar. Si los meteoritos representan la composición de planetas terrestres, como sugieren algunos geólogos planetarios, nuestro planeta debe contener un porcentaje mucho mayor de hierro del que sugieren las rocas superficiales. Esta es una de las razones que esgrimen los geólogos para sugerir que el núcleo de la Tierra puede ser fundamentalmente de hierro y níquel.

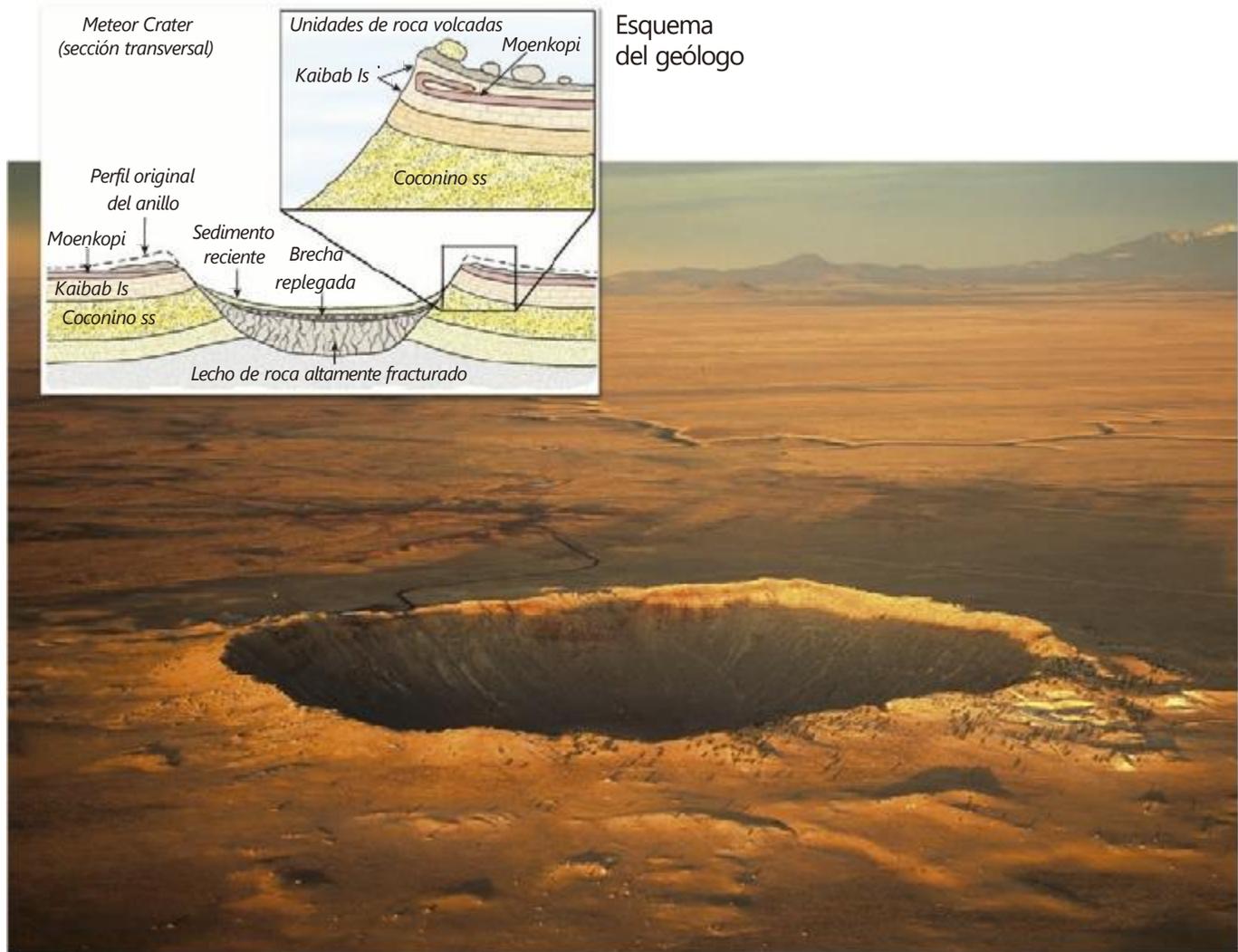


FIGURA 24.42. Meteor Crater, cerca de Winston, Arizona. Esta cavidad tiene unos 1,2 km de ancho y unos 170 m de profundidad. El Sistema Solar está plagado de meteoroides y otros objetos que podrían impactar contra la tierra con una fuerza explosiva (Foto de Michael Collier).



FIGURA 24.43. Siderito encontrado cerca del Meteor Crater, Arizona (Cortesía de Meteor Crater Enterprises Inc.).

Además, la datación de los meteoritos indica que la edad de nuestro Sistema Solar sobrepasa por supuesto los 4.600 millones de años. Esta «edad antigua» ha sido confirmada por datos procedentes de muestras lunares.

Planetas enanos

Desde su descubrimiento en 1930, Plutón ha sido un misterio para los astrónomos, quienes buscaban otro planeta para explicar las irregularidades en la órbita de Neptuno. Cuando se descubrió, se creía que Plutón tenía el tamaño de la Tierra; demasiado pequeño para alterar de forma significativa la órbita de Neptuno. Después, los cálculos estimados del diámetro de Plutón se ajustaron gracias a las imágenes de satélite mejoradas, indicando que tenía menos de la mitad del diámetro de la Tierra. Más tarde, en 1978, los astrónomos se dieron cuenta de que Plutón parecía mucho mayor

de lo que realmente es debido a la luminosidad de su recién descubierto satélite, Caronte (Figura 24.44). Recientemente los cálculos basados en las imágenes obtenidas por el telescopio espacial Hubble demuestran que el diámetro de Plutón es de 2.300 km, casi una quinta parte del diámetro de la Tierra y menos de la mitad del de Mercurio (considerado desde hace tiempo el «renacuajo» del Sistema Solar). De hecho, siete lunas del Sistema Solar, entre ellas la de la Tierra, son más grandes que Plutón.

La consideración de Plutón como planeta recibió todavía más atención cuando los astrónomos descubrieron otro cuerpo helado más grande orbitando detrás de Neptuno. Pronto, se descubrieron más de 1.000 de estos objetos del *cinturón de Kuiper* formando una banda de objetos, un segundo cinturón de asteroides, pero situado en los confines del Sistema Solar. Los objetos del cinturón de Kuiper son ricos en hielos y tienen propiedades físicas parecidas a las de los cometas. Se cree que existen muchos otros objetos planetarios, algunos quizá mayores que Plutón, en este cinturón de mundos helados más allá de la órbita de Neptuno.

La Unión Astronómica Internacional, grupo responsable de nombrar y clasificar los cuerpos celestes, votó en 2006 para la creación de una nueva clase de objetos del Sistema Solar llamada **planetas enanos**. Estos cuerpos celestes que orbitan el Sol, son en su mayoría redondos por su propia gravedad, pero no son lo suficientemente grandes como para limpiar sus órbitas de otros derrubios. Según esta definición, Plutón es reconocido como un planeta enano y el prototipo de esta nueva categoría de objetos planetarios. Otros ejemplos de planetas enanos son Eros, un objeto del cinturón de Kuiper, y Ceres, el mayor asteroide conocido.

La reclasificación de Plutón no ha sido el primer descenso de categoría. A mitad de 1800, los libros de texto de astronomía certificaban hasta 11 planetas de nuestro



FIGURA 24.44. Plutón y sus tres lunas conocidas. Imagen del telescopio espacial Hubble (Cortesía de la NASA).

Sistema Solar, entre ellos los asteroides Vesta, Juno, Ceres y Pallas. Los astrónomos siguieron descubriendo docenas de otros planetas, una clara señal de que esos pequeños cuerpos representan una clase de objetos diferente a la de los planetas.

Los investigadores reconocen ahora que Plutón era único entre los planetas clásicos; completamente diferente de los cuatro rocosos planetas interiores, así como de los cuatro gigantes gaseosos. La nueva clasificación albergará los cientos de otros planetas enanos cuya existencia suponen los astrónomos en el Sistema Solar. *New Horizons*, la primera nave espacial diseñada para explorar el Sistema Solar exterior, fue lanzada en enero de 2006. Programada para volar cerca de Plutón en junio de 2015, y más tarde el cinturón de Kuiper, la *New Horizon* tiene un potencial tremendo para ayudar a los investigadores en comprender mejor el Sistema Solar.

CAPÍTULO 24

Geología planetaria

RESUMEN

Los planetas pueden reunirse en dos grupos: los *planetas terrestres* (parecidos a la Tierra) (Mercurio, Venus, la Tierra y Marte) y los *planetas jovianos* (parecidos a Júpiter) (Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno). Plutón no está incluido en ninguno de los grupos. Cuando se comparan con los planetas jovianos, los planetas terrestres son más pequeños, más densos, contienen proporcionalmente más materia rocosa,

tienen velocidades más lentas de rotación y atmósferas más finas.

La superficie lunar exhibe varios tipos de estructuras. Los *cráteres de impacto* se produjeron por el impacto de derrubios de movimiento rápido (*meteoroides*). Las *tierras altas* brillantes y densamente cubiertas por cráteres constituyen gran parte de la superficie lunar. Las tierras bajas, bastante lisas y oscuras, se denominan

maria. Las cuencas lunares (*maria*) son enormes cráteres de impacto que han sido inundados por capas de lavas basálticas muy fluidas. Todos los terrenos lunares están recubiertos con una capa parecida a un suelo de derrubios grises no consolidados, denominados *regolito lunar*, que se han generado como consecuencia de un bombardeo meteorítico de miles de millones de años. El origen de la Luna es todavía muy desconocido. Una hipótesis sugiere que un asteroide gigante colisionó con la Tierra y produjo la Luna. Los científicos concluyen que la *superficie lunar evolucionó en cuatro fases*: (1) *la corteza original (tierras altas)*; (2) *excavación de las grandes cuencas de impacto* (3) *llenado de las cuencas de los maria*, y (4) *formación de los recientes cráteres con rayos*.

Mercurio es un planeta pequeño, denso, carente de atmósfera y que exhibe los extremos de temperatura mayores de cualquier planeta. *Venus*, el planeta más brillante del cielo, tiene una atmósfera gruesa y pesada compuesta en un 97 por ciento por dióxido de carbono, una superficie de llanuras relativamente hundidas y volcanes inactivos, una presión atmosférica superficial 9 veces la de la Tierra y una temperatura superficial de 475 °C. *Marte*, el planeta rojo, tiene una atmósfera de dióxido de carbono cuya densidad es de solo un 1 por ciento la terrestre, tormentas de polvo intensas, numerosos volcanes inactivos, muchos cañones grandes y varios valles de origen dudoso que exhiben patrones de drenaje similares a los valles fluviales que hay sobre la Tierra. *Júpiter*, el planeta más grande, gira rápidamente, tiene un aspecto bandeado causado por enormes corrientes de convección provocadas por el calor interno del planeta, un *Gran Punto Rojo* cuyo tamaño es variable, un sistema de anillos y al menos 16 lunas (una de las lunas, Ío, es un cuerpo volcánicamente activo). *Saturno* es conocido por su sistema de anillos. Tiene también una atmósfera

dinámica con vientos de hasta 1.500 km por hora y tormentas similares al Gran Punto Rojo de Júpiter. *Urano* y *Neptuno* suelen denominarse los gemelos debido a su composición y su estructura similares. Una característica exclusiva de Urano es que rota sobre su lado. Neptuno tiene nubes blancas como cirros por encima de su plataforma nubosa principal y un *Gran Punto Negro* del tamaño de la Tierra; se supone que es una gran tormenta en rotación similar al Gran Punto Rojo de Júpiter. *Plutón* es un pequeño mundo congelado con una luna (Caronte). La órbita notablemente alargada de Plutón hace que a veces viaje dentro de la órbita de Neptuno, pero sin posibilidades de colisionar con él.

Los cuerpos menores del Sistema Solar son los *asteroides*, los *cometas* y los *meteoroides*, y los *planetas enanos*. La mayoría de asteroides se encuentra entre las órbitas de Marte y Júpiter. Estos cuerpos son derrubios rocosos y metálicos residuales de la nebulosa solar que nunca se consolidaron en un planeta. Los cometas están compuestos por gases congelados (agua, amoníaco, metano, dióxido de carbono y monóxido de carbono) con pequeños fragmentos de material rocoso y metálico. Se cree que los cometas residen en uno de los dos emplazamientos siguientes en el Sistema Solar exterior: el *cinturón de Kuiper* o la *nube de Oort*. Los meteoroides, pequeñas partículas sólidas que viajan a través del espacio interplanetario, se convierten en *meteoros* cuando entran en la atmósfera terrestre y se evaporan emitiendo un rayo de luz. Las *lluvias de meteoros* se producen cuando la Tierra encuentra un enjambre de meteoritos, probablemente material perdido por un cometa. Los *meteoritos* son los restos de los meteoroides encontrados en la Tierra. Recientemente Plutón se clasificó dentro de una nueva clase de objetos del Sistema Solar denominados *planetas enanos*.

TÉRMINOS FUNDAMENTALES

asteroides, 810
cabellera, 812
cinturón de asteroides, 810
cinturón de Kuiper, 814
cometa, 812
cráteres de impacto, 788
criovulcanismo, 809
lluvia de meteoros, 815
maria, 790

meteorito, 815
meteoro, 814
meteoroides, 814
nebulosa solar, 782
nube de Oort, 814
núcleo, 812
planeta enano, 817
planeta joviano, 784
planeta terrestre, 783

planetesimales, 782
protoplanetas, 783
regolito lunar, 792
teoría de la nebulosa, 782
terrae, 790
tierras altas lunares, 790
velocidad de escape, 787

PREGUNTAS DE REPASO

1. ¿Qué criterios se siguen para clasificar los planetas en el grupo terrestre o en el joviano?
2. ¿Cómo se explican las grandes diferencias de densidad entre los planetas terrestres y los jovianos?
3. Explique por qué los planetas terrestres tienen atmósferas más finas que los planetas jovianos.
4. ¿Cómo se utiliza la densidad de craterización para la datación relativa de las estructuras de la superficie lunar?
5. Indique brevemente la historia de la Luna.
6. ¿En qué se parecen los *maria* al altiplano Columbia en el Pacífico nororiental?
7. A Venus se le ha llamado «el gemelo de la Tierra». ¿En qué se parecen los dos planetas y en qué se diferencian?
8. ¿Qué características superficiales tiene Marte que son también habituales en la Tierra?
9. ¿Por qué los volcanes mayores de la Tierra son mucho más pequeños que los más grandes de Marte?
10. ¿Por qué los astrobiólogos están intrigados ante las pruebas de que las aguas subterráneas han emergido a la superficie de Marte?
11. Explique por qué lo más probable es que las dos «lunas» de Marte sean asteroides capturados.
12. ¿Cuál es la naturaleza del Gran Punto Rojo de Júpiter?
13. ¿Por qué son tan famosos los satélites galileanos de Júpiter?
14. ¿Cuál es la característica distintiva del satélite Ío de Júpiter?
15. ¿Por qué se piensa que muchos de los pequeños satélites de Júpiter han sido capturados?
16. ¿En qué se parecen Júpiter y Saturno?
17. ¿Qué dos papeles representan las lunas anulares en la naturaleza de los sistemas de anulares planetarios?
18. ¿En qué se parecen el satélite de Saturno Titán y el de Neptuno Tritón?
19. ¿Qué tres cuerpos del Sistema Solar exhiben actividad parecida a la volcánica?
20. ¿Dónde se encuentra la mayor parte de asteroides?
21. ¿Qué cree usted que ocurriría si la Tierra atravesara la cola de un cometa?
22. ¿Dónde se cree que reside la mayor parte de los cometas? ¿Qué acaba ocurriendo con los cometas que orbitan cerca del Sol?
23. Compare meteoroides, meteoros y meteoritos.
24. ¿Cuáles son las tres principales fuentes de meteoroides?
25. ¿Por qué los cráteres de meteoritos son más comunes en la Luna que en la Tierra, aun cuando la Luna sea un blanco mucho menor?
26. Se ha calculado que el cometa Halley tiene una masa de 100.000 millones de toneladas. Además, se calcula que este cometa pierde 100 millones de toneladas de material durante los pocos meses que su órbita se acerca al Sol. Con un periodo orbital de 76 años, ¿qué vida máxima le queda al cometa Halley?

MasteringGeology

La plataforma Mastering es el tutorial (en inglés) más eficaz y ampliamente utilizado para la evaluación de Ciencias.

Con MasteringGeology el profesor puede: personalizar el contenido, asignar distintas tareas, exportar las calificaciones, comparar el rendimiento del alumnado, comunicarse con los estudiantes... Mientras que el alumno puede disfrutar de un Study Area diferente por cada uno de los capítulos.

En MasteringGeology, además, podrá encontrar los siguientes contenidos y materiales interactivos extra:

Encounter Earth
 Geoscience Animations
 GEODe
 Pearson eText

Para acceder a todos estos contenidos adicionales solo se necesita el código de acceso de las tarjetas que podrás adquirir con la compra del libro o por separado.

Comparación entre unidades métricas y británicas

Unidades

- 1 kilómetro (km) = 1.000 metros (m)
- 1 metro (m) = 100 centímetros (cm)
- 1 centímetro (cm) = 0,39 pulgadas (in)
- 1 milla (mi) = 5.280 pies (ft)
- 1 pie (ft) = 12 pulgadas (in)
- 1 pulgada (in) = 2,54 centímetros (cm)
- 1 milla cuadrada (mi²) = 640 acres (a)
- 1 kilogramo (kg) = 1.000 gramos (g)
- 1 libra (lb) = 16 onzas (oz)
- 1 braza = 6 pies (ft)

Conversiones

Cuando quiera

convertir: multiplique por: para obtener:

Longitud

pulgadas	2,54	centímetros
centímetros	0,39	pulgadas
pies	0,30	metros
metros	3,28	pies
yardas	0,91	metros
metros	1,09	yardas
millas	1,61	kilómetros
kilómetros	0,62	millas

Área

pulgadas cuadradas	6,45	centímetros cuadrados
centímetros cuadrados	0,15	pulgadas cuadradas
pies cuadrados	0,09	metros cuadrados
metros cuadrados	10,76	pies cuadrados
millas cuadradas	2,59	kilómetros cuadrados
kilómetros cuadrados	0,39	millas cuadradas

Volumen

pulgadas cúbicas	16,38	centímetros cúbicos
centímetros cúbicos	0,06	pulgadas cúbicas
pies cúbicos	0,028	metros cúbicos
metros cúbicos	35,3	pies cúbicos
millas cúbicas	4,17	kilómetros cúbicos
kilómetros cúbicos	0,24	millas cúbicas
litros	1,06	cuarto de galón
litros	0,26	Galones
galones	3,78	Litros

Masas y pesos

onzas	28,35	gramos
gramos	0,035	onzas
libras	0,45	kilogramos
kilogramos	2,205	libras

Temperatura

Cuando quiera convertir grados Fahrenheit (°F) a grados Celsius (°C), reste 32 grados y divida por 1,8.

Cuando quiera convertir grados Celsius (°C) a grados Fahrenheit (°F), multiplique por 1,8 y sume 32 grados.

Cuando quiera convertir grados Celsius (°C) a Kelvins (K), elimine el símbolo de grado y sume 273. Cuando quiera convertir Kelvins (K) a grados Celsius (°C), añada el símbolo de grado y reste 273.

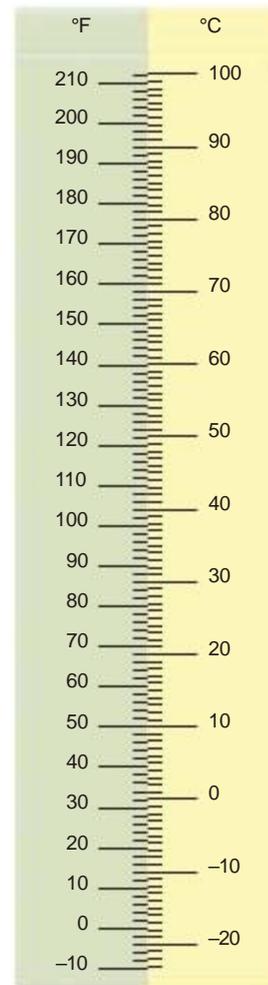


Figura A.1. Comparación entre las escalas de temperatura Fahrenheit y Celsius.

GLOSARIO

Abanico aluvial (alluvial fan) Depósito de sedimentos en forma de abanico que se crea cuando la pendiente de una corriente fluvial disminuye abruptamente.

Abanico submarino (deep-sea fan) Depósito en forma de cono en la base del talud continental. El sedimento es transportado hasta el abanico por las corrientes de turbidez que siguen los cañones submarinos.

Ablación (ablation) Término general para describir la pérdida de hielo y nieve de un glaciar.

Abrasión (abrasion) Disgregación y lijado de una superficie rocosa por la fricción y el impacto de las partículas de roca transportadas por el agua, el viento y el hielo.

Acanaladuras (rills) Diminutos cauces que se desarrollan conforme flujos no confinados empiezan a producir hilos de corriente.

Acantilado litoral (wave-cut cliff) Farallón orientado hacia el mar a lo largo de una línea de costa empinada formado por la erosión de las olas en su base y por procesos gravitacionales.

Acreción (accretion) Proceso mediante el cual un cuerpo inorgánico crece de tamaño, por adición de nuevas partículas sobre su superficie exterior.

Acuicluido o acuicludo (aquitard) Capa impermeable que obstaculiza o impide el movimiento del agua subterránea.

Acuífero (aquifer) Roca o sedimento a través del cual el agua subterránea se mueve con facilidad.

Acuñamiento de hielo (frost wedging) Ruptura mecánica de la roca causada por la expansión del agua congelada en grietas y hendiduras.

Aerolito o meteorito pétreo (stony meteorite) Una de las tres categorías principales de meteoritos. Estos meteoritos están compuestos en gran medida por silicatos con inclusiones de otros minerales.

Aerosoles (aerosols) Partículas líquidas y sólidas diminutas suspendidas en la atmósfera.

Afluente yazoo (yazoo tributary) Afluente que fluye paralelo a la corriente principal por la existencia de un dique natural.

Agua subterránea (groundwater) Agua en la zona de saturación.

Alimentación de playa (beach nourishment) Proceso en el cual se añaden grandes cantidades de arena al sistema de la playa para compensar las pérdidas causadas por la erosión de las olas. La formación de playas mar adentro mejora la calidad de la playa y la protección contra las tormentas.

Altura de onda (wave height) Distancia vertical entre el valle y la cresta de una ola.

Aluvión (alluvium) Sedimento no consolidado depositado por un río.

Ambiente deposicional (environment of deposition) Lugar geográfico donde se acumula el sedimento. Cada lugar se caracteriza por una combinación particular de procesos geológicos y condiciones ambientales.

Ambiente sedimentario (sedimentary environment) Véase *ambiente de deposición*.

Análisis de isótopos de oxígeno (Oxygen isotope analysis) Método de desciframiento de las temperaturas pasadas basado en la determinación precisa de la proporción entre los dos isótopos del oxígeno, el O^{16} y el O^{18} . El análisis se realiza habitualmente en los sedimentos del fondo oceánico y en los testigos extraídos de los casquetes polares.

Ángulo de reposo (angle of repose) Ángulo de máxima pendiente al cual el material suelto sigue estacionario sin rodar pendiente abajo.

Arco de islas volcánicas (volcanic island arc) Cadena de islas volcánicas, en general situadas a unos pocos centenares de kilómetros de una fosa en la que hay

subducción activa de una placa oceánica por debajo de otra.

Arco insular (island arc) Véase *Arco de islas volcánicas*.

Arco litoral (sea arch) Arco formado por la erosión de las olas cuando excava en los lados opuestos de un frente de tierra.

Arco volcánico continental (continental volcanic arc) Montañas formadas en parte por la actividad ígnea asociada con la subducción de la litosfera oceánica por debajo de un continente. Son ejemplos los Andes y la cordillera Cascade.

Arcosa (arkose) Arenisca rica en feldespatos.

Arista (arête) Cresta estrecha en forma de cuchillo que separa dos valles glaciares adyacentes.

Arranque (plucking) Proceso por medio del cual fragmentos de las rocas subyacentes son transportadas fuera de su lugar por un glaciar.

Arranque (quarrying) El desprendimiento de bloques sueltos del lecho de un cauce durante épocas de gran caudal.

Arrecife de coral (coral reef) Estructura formada en un ambiente oceánico cálido, somero e iluminado por el Sol que está formado principalmente por los restos ricos en calcita de los corales, así como por las secreciones calizas de las algas y las partes duras de muchos otros organismos pequeños.

Asimilación (assimilation) En la actividad ígnea, proceso de incorporación de roca caja en un cuerpo magmático.

Astenosfera (asthenosphere) Subdivisión del manto situado debajo de la litosfera. Esta zona de material blando se encuentra debajo de una profundidad de unos 100 kilómetros y en algunas regiones se extiende hasta los 700 kilómetros. Las rocas que hay dentro de esta zona se deforman con facilidad.

Asteroide (asteroid) Uno de los millares de pequeños cuerpos planetarios,

cuyo tamaño oscila entre unos cuantos centenares de kilómetros hasta menos de un kilómetro de diámetro. Las órbitas de la mayoría de los asteroides se encuentran entre las de Marte y Júpiter.

Atmósfera (atmosphere) Porción gaseosa de un planeta, el envoltorio de aire del planeta. Una de las subdivisiones tradicionales del ambiente físico terrestre.

Atolón (atoll) Isla de coral formada por un anillo casi continuo de arrecife de coral que rodea una laguna central.

Átomo (atom) La menor partícula que existe como elemento.

Aureola metamórfica (aureole) Zona o halo de metamorfismo de contacto situado en la roca encajante que rodea a una intrusión ígnea.

Avalancha de rocas (rock avalanche) Movimiento muy rápido de rocas y detritos pendiente abajo. Estos movimientos rápidos pueden ser ayudados por una capa de aire atrapado debajo de los detritos, y se sabe que han alcanzado velocidades que superan los 200 kilómetros por hora.

Bajada (bajada) Cono aluvial de sedimentos a lo largo de un frente de montaña creado por la coalescencia de abanicos aluviales.

Balance glacial (glacial budget) Equilibrio, o falta de equilibrio, entre la formación de hielo en el extremo superior de un glaciar y la pérdida de hielo en la zona de ablación.

Bandeado gnéísico (gneissic texture) Textura de rocas metamórficas en la que los silicatos oscuros y claros están separados, dando a la roca un aspecto bandado.

Barjón (barchan dune) Duna de arena independiente con forma de cuarto creciente cuyas puntas señalan en la dirección del viento.

Barra (bar) Término común para los depósitos de arena y grava en el cauce de un río.

Barra de bahía (baymouth bar) Barra de arena que atraviesa completamente una bahía, aislándola del cuerpo principal de agua.

Barra de meandro (point bar) Acumulación de arena y grava en forma de cuarto creciente depositada en el interior de un meandro.

Basalto (basalt) Roca ígnea de grano fino y composición máfica.

Batimetría (bathymetry) Medición de las profundidades oceánicas y cartografiado de la topografía del fondo oceánico.

Batolito (batholith) Gran masa de rocas ígneas que se formó cuando el magma se emplazó en profundidad, cristalizó y

posteriormente quedó expuesto como consecuencia de la erosión.

Berma (berm) Zona seca con una ligera inclinación en la playa alta, al pie de los acantilados litorales o las dunas.

Bioquímico (biochemical) Tipo de sedimento químico que se forma cuando material disuelto en el agua precipita por la acción de los organismos marinos. Los caparazones son ejemplos comunes.

Biosfera (biosphere) Totalidad de las formas de vida que hay sobre la Tierra.

Bloque colgante (hanging wall block) La superficie de roca situada inmediatamente por encima de una falla.

Bloque errático (glacial erratic) Bloque transportado por el hielo que no proviene del lecho rocoso próximo a su posición actual.

Bomba volcánica (volcanic bomb) Fragmento piroclástico y aerodinámico expulsado desde un volcán mientras está todavía semifundido.

Borde continental activo (active continental margin) Habitualmente estrecho y formado por sedimentos muy deformados. Este tipo de bordes se encuentran donde la litosfera oceánica subduce por debajo del borde de un continente.

Borde de falla transformante (transform fault boundary) Borde en el cual dos placas se deslizan una con respecto a la otra sin crear ni destruir litosfera.

Borde de placa convergente (convergent plate boundary) Borde en el cual dos placas se juntan, haciendo que una de las placas de la litosfera sea empujada por debajo de una placa suprayacente y acabe siendo reabsorbida en el manto. También puede implicar la colisión de dos placas continentales para crear un sistema montañoso.

Borde de placa divergente (divergent plate boundary) Borde en el cual dos placas se separan, lo que motiva el ascenso de material desde el manto para crear nuevo fondo oceánico.

Brecha (breccia) Roca sedimentaria compuesta de fragmentos angulosos que se litificaron.

Brecha lunar (lunar breccia) Roca lunar formada cuando los fragmentos angulosos y el polvo se funden por el calor generado como consecuencia del impacto de un meteorito.

Brillo (luster) Aspecto o calidad de la luz reflejada en la superficie de un mineral.

Buzamiento (dip) Ángulo de inclinación de una capa de roca o una falla con respecto a la horizontal. La dirección de buzamiento se determina con respecto a un ángulo recto con la dirección de la capa principal.

Cabalgamiento (thrust fault) Falla inversa de ángulo pequeño.

Cabecera (head) Principio o zona de origen de una corriente. También llamado aguas arriba.

Cabellera (coma) Componente gaseoso y borroso de la cabeza de un cometa.

Caldera (caldera) Gran depresión normalmente causada por hundimiento o expulsión de la cumbre de un volcán.

Caliche (caliche) Capa dura, rica en carbonato cálcico, que se forma debajo del horizonte *B* en los suelos de las regiones áridas.

Campo de nieve (snowfield) Área donde la nieve persiste durante todo el año.

Canchal (scree slope) Acumulación de fragmentos de roca en la base de las laderas y en algunas formaciones montañosas. Se originan por la meteorización o fragmentación de la roca por causas mecánicas, usualmente la gelifracción (cuña de hielo).

Cañón submarino (submarine canyon) Extensión en dirección al mar de un valle que fue cortado en la plataforma continental durante una época en la que el nivel del mar era inferior, o un cañón excavado en la plataforma continental externa, talud y elevación continental por las corrientes de turbidez.

Capa (bed) Véase *estratos*.

Capa activa (active layer) Zona situada por encima del permafrost que se derrite en verano y se vuelve a helar en invierno.

Capa D" (D" layer) Región situada en los aproximadamente 200 kilómetros inferiores del manto, donde las ondas P experimentan un enorme descenso de la velocidad.

Capacidad (capacity) Cantidad total de sedimento que una corriente de agua es capaz de transportar.

Capacidad de infiltración (infiltration capacity) Velocidad máxima a la cual el suelo puede absorber el agua.

Capas concordantes (conformable layers) Capas de roca que se depositaron sin interrupción.

Capas de base (bottomset bed) Capa de sedimento fino depositada más allá del borde de avance de un delta y luego enterrada por el continuo crecimiento del delta.

Capas de techo (topset bed) Capas sedimentarias esencialmente horizontales depositadas en la parte superior de un delta durante una crecida.

Capas frontales (foreset bed) Capa inclinada depositada a lo largo del frente de un delta.

Captura (stream piracy) Desviación del drenaje de una corriente de agua como

resultado de la erosión remontante de otra corriente.

Cara de deslizamiento (slip face)

Superficie empinada y a sotavento de una duna de arena que mantiene una pendiente de unos 34 grados.

Carbón bituminoso (bituminous coal)

La forma más común de carbón, a menudo denominada carbón negro blando.

Carga de fondo (bed load) Sedimento desplazado a lo largo del fondo de un río por movimiento del agua, o partículas desplazadas a lo largo de la superficie del suelo por el viento.

Carga disuelta (dissolved load) Fracción de la carga de una corriente de agua transportada en disolución.

Carga en suspensión (suspended load) Sedimento fino transportado dentro de un cuerpo de agua o aire que fluye.

Carst (karst) Tipo de topografía formado sobre roca soluble (en especial caliza) principalmente por disolución. Se caracteriza por los sumideros, las grutas y el drenaje subterráneo.

Casquete polar (ice cap) Masa de hielo glaciario que cubre una tierra elevada o una meseta y se expande desde allí en sentido radial.

Catarata (waterfall) Salto abrupto en el cauce de una corriente de agua que hace que el agua caiga a un nivel inferior.

Catastrofismo (catastrophism) Concepto de que la Tierra se modeló mediante acontecimientos catastróficos de naturaleza breve.

Cauce aluvial (alluvial channel) Cauce de una corriente acuosa en el que el lecho y los bancos están compuestos fundamentalmente de sedimento no consolidado (aluvión) que se depositó previamente en el valle.

Cauce de lecho de roca (bedrock channel) Cauce en el que una corriente corta la roca sólida. Dichos cauces se forman normalmente en la cabeza de los ríos o en los sistemas fluviales donde el gradiente es muy elevado.

Caudal (discharge) Cantidad de agua de una corriente que atraviesa un punto dado en un periodo concreto.

Caverna (cavern) Cámara subterránea formada naturalmente o serie de cámaras producidas la mayor parte de las veces por disolución de caliza.

Cementación (cementation) Una de las formas mediante las cuales se litifican las rocas sedimentarias. Conforme el material precipita del agua que se filtra a través del sedimento, los poros se van llenando y los constituyentes se reúnen en una masa sólida.

Centro de expansión (spreading center) Véase *borde de placa divergente*.

Chimenea (pipe) Conducto vertical a través del cual han pasado los materiales magmáticos.

Chimenea (tronera) (vent) Abertura en la superficie de un conducto o una chimenea.

Chimenea litoral (sea stack) Masa aislada de roca situada justo al lado de la costa, producida por la erosión de las olas de un promontorio.

Ciclo de las rocas (rock cycle) Modelo que ilustra el origen de los tres tipos básicos de rocas y la interrelación de los materiales y los procesos de la Tierra.

Ciclo de Wilson (Wilson cycle) Véase *ciclo del supercontinente*.

Ciclo del supercontinente (supercontinent cycle) Idea de que la fracturación y dispersión de un supercontinente va seguida por un largo periodo durante el cual los fragmentos se reúnen de manera gradual en un nuevo supercontinente.

Ciclo hidrológico (hydrologic cycle) Circulación indefinida del agua en la Tierra. El ciclo es impulsado por la energía del Sol y se caracteriza por intercambios continuos de agua entre los océanos, la atmósfera y los continentes.

Ciénaga (backswamp) Zona mal drenada en una llanura de inundación que aparece cuando hay diques naturales.

Cinturón de Kuiper (Kuiper belt) Región fuera de la órbita de Neptuno donde se cree que se origina la mayoría de los cometas de periodo corto.

Cinturones de pliegues y fallas (fold-and-thrust belts) Regiones en el interior de los sistemas montañosos por compresión en las que grandes áreas se han acortado o han engrosado por los procesos de pliegue y falla, como por ejemplo la provincia Valley and Ridge de los Apalaches.

Circo glaciar (cirque) Cuenca en forma de anfiteatro situada en la cabecera de un valle glaciar, producida por la erosión del hielo.

Cizalla (shear) Fuerza que hace que dos partes adyacentes de un cuerpo se deslicen una con respecto a la otra.

Clima seco (dry climate) Clima en el cual la precipitación anual es menor que la pérdida potencial de agua por evaporación.

Col o collado (col) Paso entre valles montañosos.

Colada aa (aa flow) Tipo de colada de lava que tiene una superficie dentada formada por bloques irregulares.

Colada de barro (mudflow) Véase *flujo de derrubios*.

Colada de bloque (block lava) Colada con una superficie de bloques angulares asociada con materiales con composiciones andesítica y riolítica.

Coladas basálticas (flood basalts)

Torrentes de lava basáltica que surgen de numerosas grietas o fisuras y que frecuentemente cubren amplias áreas con potencias de centenares de metros.

Colapso gravitacional (gravitational collapse)

Subsidencia gradual de las montañas causada por la expansión lateral del material débil situado en la profundidad de estas estructuras.

Color (color) Fenómeno de la luz por medio del cual pueden diferenciarse objetos por lo demás idénticos.

Color de la raya (streak) Color de un mineral en forma de polvo.

Columna (column) Estructura encontrada en cuevas que se forma cuando se unen una estalactita y una estalagmita.

Columna de erupción (eruption column)

Plumas flotantes de gases calientes llenos de cenizas que pueden extenderse millares de metros en la atmósfera.

Combustible fósil (fossil fuel) Término general para designar cualquier hidrocarburo que pueda utilizarse como combustible, entre ellos el carbón, el petróleo, el gas natural, arenas asfálticas y lutitas bituminosas.

Cometa (comet) Pequeño cuerpo que generalmente gira alrededor del Sol siguiendo una órbita alargada.

Compactación (compaction) Tipo de litificación en la cual el peso del material suprayacente comprime los sedimentos enterrados a mayor profundidad. Es más importante en las rocas sedimentarias de grano fino como la lutita.

Compensación isostática (isostatic adjustment) Compensación de la litosfera cuando se añade o elimina peso. Cuando se añade peso, la litosfera responderá mediante subsidencia y cuando el peso se elimina habrá levantamiento.

Competencia (competence) Tamaño de los clastos más grandes que una corriente de agua puede transportar; factor dependiente de la velocidad.

Complejo de diques en capas (sheeted dike complex) Gran agrupamiento de diques casi paralelos.

Complejo ofiolítico (ophiolite complex) Secuencia de rocas que constituyen la corteza oceánica. La secuencia con tres unidades consiste en una capa superior de basaltos almohadillados, una zona intermedia de diques y una capa inferior de gabros.

Composición andesítica (andesitic composition) Véase *composición intermedia*.

Composición basáltica (basaltic composition) Grupo composicional de rocas ígneas que indica que la roca contiene una cantidad sustancial de silicatos oscuros y plagioclasas ricas en calcio.

Composición félsica (felsic composition) Véase *composición granítica*.

Composición granítica (granitic composition) Grupo composicional de rocas ígneas que indica que la roca está compuesta casi en su totalidad por silicatos claros.

Composición intermedia (intermediate composition) Grupo composicional de rocas ígneas, que indica que la roca contiene al menos un 25 por ciento de silicatos oscuros. El otro mineral dominante es la plagioclasa.

Composición máfica (mafic composition) Véase *composición basáltica*.

Composición ultramáfica (ultramafic composition) Grupo composicional de rocas ígneas que contiene, principalmente, olivino y piroxeno.

Compuesto (compound) Sustancia formada por la combinación química de dos o más elementos en proporciones definidas que normalmente tiene propiedades diferentes a los elementos constituyentes.

Concordante (concordant) Término utilizado para describir masas ígneas intrusivas que se disponen paralelas a la estratificación de la roca encajante.

Conducción (conduction) Transferencia de calor a través de la materia por la actividad molecular.

Conductividad hidráulica (hydraulic conductivity) Factor relacionado con el flujo de aguas subterráneas; es un coeficiente que tiene en cuenta la permeabilidad del acuífero y la viscosidad del fluido.

Conducto (conduit) Abertura en forma de tubo a través de la cual el magma asciende hacia la superficie terrestre. Termina en una abertura superficial denominada chimenea.

Conglomerado (conglomerate) Roca sedimentaria compuesta de clastos redondeados del tamaño de la grava.

Cono compuesto (composite cone) Volcán constituido a la vez por coladas de lava y por material piroclástico.

Cono de cenizas (cinder cone) Pequeño volcán formado fundamentalmente por fragmentos de lava expulsados que están compuestos en su mayor parte de *lapilli* del tamaño de un guisante a una nuez.

Cono de depresión (cone of depression) Depresión en forma de cono del nivel

freático que aparece alrededor de un pozo o de un sondeo.

Cono de escorias (scoria cone) Véase *cono de cenizas*.

Cono parásito (parasitic cone) Cono volcánico que se forma en el flanco de un volcán mayor.

Convección (convection) Transferencia de calor por el movimiento de masa o la circulación de una sustancia.

Correlación (correlation) Establecimiento de la equivalencia de rocas de edad similar en áreas diferentes.

Corriente anastomosada (braided stream) Curso de agua que consiste en numerosos canales interconectados.

Corriente antecedente (antecedent stream) Corriente de agua que continuó erosionando y manteniendo su trayectoria original cuando un área situada a lo largo de su curso se fue levantando como consecuencia de una falla o de un plegamiento.

Corriente de agua (stream) Término general para indicar el flujo de agua dentro de cualquier cauce natural. Por tanto, un pequeño arroyo y un gran río son ambos corrientes de agua.

Corriente de agua efímera (ephemeral stream) Cauce que suele estar seco porque sólo lleva agua en respuesta a episodios específicos de lluvia. La mayor parte de las corrientes de agua del desierto son de este tipo.

Corriente de resaca o retorno (rip current) Corriente superficial o próxima a la superficie estrecha y fuerte de corta duración y gran velocidad que se desplaza mar adentro a través de la zona de rompiente en ángulo casi recto a la costa.

Corriente de turbidez (turbidity current) Movimiento pendiente abajo de agua densa cargada de sedimentos creada cuando se ponen en suspensión la arena y el lodo removilizado de la plataforma y el talud continental.

Corriente exótica (exotic stream) Corriente permanente que atraviesa un desierto y tiene su origen en áreas bien irrigadas situadas fuera del desierto.

Corriente en equilibrio (graded stream) Corriente que tiene las características de canalización correctas para mantener exactamente la velocidad necesaria para el transporte de material de que es abastecida.

Corriente litoral (longshore current) Corriente próxima a la costa que fluye en paralelo a ella.

Corriente mareal (tidal current) Movimiento horizontal alterno del agua asociado con la elevación y la bajada de la marea.

Corriente sobreimpuesta (superposed stream) Corriente que atraviesa estructuras tectónicas en su recorrido. La corriente estableció su curso en capas uniformes a un nivel más alto con independencia de las estructuras subyacentes y posteriormente las erosionó.

Corriente (stream) Agua que fluye por un cauce con independencia de su tamaño.

Corrosión (corrosion) Proceso mediante el cual la roca soluble se siendo gradualmente disuelta por el agua que fluye.

Corteza (crust) La delgada capa externa de la Tierra sólida.

Costa (coast) Franja de tierra que se extiende tierra adentro desde la orilla hasta donde pueden encontrarse estructuras relacionadas con el océano.

Costa de emersión (emergent coast) Costa donde la tierra, previamente situada debajo del nivel del mar, ha quedado expuesta por levantamiento de la corteza o por una disminución del nivel del mar, o por ambas cosas.

Costa de inmersión (submergent coast) Costa cuya forma es en gran medida consecuencia del hundimiento parcial de una superficie de tierra anterior debida a una elevación del nivel del mar o a la subsidencia de la corteza, o a ambas cosas.

Cráter (crater) Depresión en la cima de un volcán, o depresión producida por el impacto de un meteorito.

Cratón (craton) Parte de la corteza continental que ha alcanzado la estabilidad; es decir, no ha sido afectada por actividad tectónica significativa durante el eón Fanerozoico. Está compuesta del escudo y la plataforma estable.

Cristal (crystal) Cualquier sólido con una estructura atómica repetitiva ordenada.

Cristalino (crystalline) véase *Cristal*
Cristalización (crystallization) La formación y crecimiento de un sólido cristalino a partir de un líquido o un gas.

Cristalización fraccionada (fractional crystallization) Removilización de los primeros cristales formados en un magma originalmente homogéneo (por ejemplo, por sedimentación cristalina), de forma que esos cristales no entrarán en reacciones posteriores con el fundido residual. La cristalización fraccionada es uno de los procesos principales de la diferenciación magmática.

Cuenca de antearco (forearc basin) Región situada entre un arco volcánico y un prisma de acreción en el que los sedimentos marinos de aguas someras suelen acumularse.

Cuenca de drenaje (drainage basin) Zona de tierra donde se recoge el agua drenada por una corriente de agua.

Cuenca de trasarco (backarc basin)

Cuenca que se forma en el lateral de un arco volcánico lejos de la fosa.

Cuenca estructural o cubeta (basin)

Estructura circular plegada en la que las capas bucean hacia el interior.

Cuenca oceánica profunda (deep-ocean basin)

Porción del fondo oceánico que se encuentra entre el margen continental y el sistema de dorsales oceánicas. Esta región comprende casi el 30 % de la superficie terrestre.

Datación con carbono radiactivo (carbono-14) (radiocarbon (carbon-14) dating)

El isótopo radiactivo del carbono se produce continuamente en la atmósfera y se utiliza en la datación de acontecimientos del pasado geológico muy reciente (las últimas decenas de miles de años).

Datación radiométrica (radiometric dating)

Procedimiento de cálculo de la edad absoluta de las rocas y de los minerales que contienen ciertos isótopos radiactivos.

Datación relativa (relative dating)

Ordenación de las rocas y de las estructuras geológicas según una secuencia u orden adecuado. Sólo se determina el orden cronológico de los acontecimientos.

Datos indirectos (Proxy data) Datos recogidos de los registros naturales de variabilidad climática como los anillos de los árboles, los testigos de hielo y los sedimentos del suelo oceánico.

De grano fino (fine-grained) Véase *Textura afanítica*

Deflación (deflation) Levantamiento y eliminación de material suelto por el viento.

Deformación (deformation) Término general para describir los procesos de plegamiento, fracturación, cizallamiento, compresión o extensión de las rocas como consecuencia de la actuación de fuerzas naturales.

Deformación (strain) Cambio irreversible en la forma y el tamaño de un cuerpo de roca provocado por el esfuerzo.

Deformación dúctil (ductile deformation) Tipo de corriente en estado sólido que produce un cambio en el tamaño y la forma de un cuerpo rocoso sin fracturarlo. Tiene lugar a profundidades en las que las temperaturas y las presiones de confinamiento son elevadas.

Deformación elástica (elastic deformation) Deformación de la roca en la que la roca volverá casi a su tamaño y forma original cuando se retira el esfuerzo.

Delta (delta) Acumulación de sedimentos formada cuando una corriente de agua desemboca en un lago o en un océano.

Delta mareal (tidal delta) Estructura similar a un delta producida cuando una corriente mareal de movimiento rápido sale de una ensenada estrecha y se ralentiza, depositando su carga de sedimentos.

Densidad (density) Propiedad de una materia definida como masa por unidad de volumen.

Depósitos de contacto con el hielo (ice-contact deposit) Acumulación estratificada de derrubios depositados en contacto con una masa de hielo que lo soporta.

Depresión de deflación (blowout)

Depresión excavada por el viento en materiales fáciles de erosionar.

Depresiones glaciares (kettle holes)

Depresiones creadas cuando los bloques de hielo se alojan en los depósitos glaciares y posteriormente se funden.

Deriva continental (continental drift)

Hipótesis, atribuida fundamentalmente a Alfred Wegener, según la cual todos los continentes actuales estuvieron agrupados en el pasado como un único supercontinente. Después, hace unos 200 millones de años, el supercontinente empezó a romperse en continentes menores, los cuales fueron «derivando» hasta sus posiciones actuales.

Deriva litoral o de playa (beach drift)

Transporte de sedimentos que sigue un modelo en zigzag a lo largo de una playa causado por la súbita elevación del agua de las olas que rompen oblicuamente.

Derrubios estratificados (stratified drift)

Sedimentos depositados por el aguanieve glaciar.

Derrubios glaciares (glacial drift)

Término general para los sedimentos de origen glaciar, con independencia de cómo, dónde o en qué forma se depositaron.

Desalinización (desalination) La extracción de las sales y otros productos químicos del agua marina.

Descenso de nivel (drawdown)

Diferencia de altura entre el fondo de un cono de depresión y la altura original de la capa freática.

Desembocadura (mouth) El lugar corriente abajo donde un río se vacía en otra corriente o cuerpo de agua.

Desfiladero (wind gap) Barranco abandonado. Estas gargantas son una consecuencia típica de la captura de ríos.

Desgasificación (outgassing) El escape de gases disueltos a partir de rocas fundidas.

Desierto (desert) Uno de los dos tipos de clima seco; el más árido de los climas secos.

Desierto de sombra pluviométrica

(rainshadow desert) Área seca situada en el lado de sotavento de una cordillera montañosa. Muchos desiertos de latitudes medias son de este tipo.

Desintegración radiactiva (radioactive decay) Descomposición de los núcleos inestables de algunos isótopos.

Deslizamiento (slide) Movimiento común en los procesos gravitacionales, en el cual el material que se mueve pendiente abajo permanece como una unidad y se mueve a lo largo de una superficie bien definida.

Deslizamiento basal (basal slip)

Mecanismo del movimiento glaciar en el cual la masa de hielo se desliza sobre la superficie que tiene debajo.

Deslizamiento de derrubios (debris slide) Véase *deslizamiento de rocas*.

Deslizamiento de rocas (rockslide) El rápido deslizamiento de una masa de rocas pendiente abajo a lo largo de los planos de debilidad.

Deslizamiento rotacional (rotational slip)

Hundimiento de una masa de roca o material no consolidado que se mueve como una unidad a lo largo de una superficie curva en una ladera.

Desmembramiento glaciar (calving)

Merma de un glaciar que se produce cuando grandes trozos de hielo se rompen en el agua.

Desplome (slump) Deslizamiento y hundimiento de una masa de roca o material no consolidado que se mueve como una unidad a lo largo de una superficie curva en una ladera.

Desprendimiento (fall) Tipo de movimiento común a los procesos gravitacionales que se refiere a la caída libre de fragmentos sueltos de cualquier tamaño.

Diaclasa (joint) Fractura en la roca a lo largo de la cual no ha habido movimiento.

Diaclasa columnar (columnar joints)

Modelo de grietas que se forman durante el enfriamiento de una roca fundida, definiendo columnas.

Diagénesis (diagenesis) Término colectivo para todos los cambios químicos, físicos y biológicos que se producen después de que los sedimentos se depositen y durante y después de la litificación.

Diferenciación magmática (magmatic differentiation) Proceso de generación de más de un tipo de roca a partir de un magma único.

Dique (dike) Intrusión ígnea de forma tabular que atraviesa la roca encajante.

Dique (seawall) Barrera construida para evitar que las olas alcancen el área situada detrás del muro. Su propósito es proteger

las propiedades de la fuerza de las olas rompientes.

Dique natural (natural levee) Forma del terreno elevada compuesta de aluvión situada en paralelo a alguna corriente y que actúa para confinar sus aguas, excepto durante las inundaciones.

Dirección (strike) Rumbo, determinado con una brújula, de la línea de intersección entre un estrato o una falla que buza y una superficie horizontal. La dirección es siempre perpendicular a la dirección de buzamiento.

Discontinuidad (discontinuity) Cambio súbito con la profundidad de una o más de las propiedades físicas de los materiales que componen el interior de la Tierra. Límite entre dos materiales diferentes del interior de la Tierra, según se ha determinado por el comportamiento de las ondas sísmicas.

Discontinuidad de Mohorovicic (Moho) (Mohorovicic discontinuity) Límite que separa la corteza y el manto, discernible por un aumento de la velocidad sísmica.

Discontinuidad estratigráfica (unconformity) Superficie que representa una ruptura en el registro estratigráfico, causada por erosión y ausencia de deposición.

Discordancia angular (angular unconformity) Discontinuidad estratigráfica en la cual los estratos más antiguos tienen una inclinación en un ángulo distinto de los estratos más jóvenes.

Discordante (discordant) Término utilizado para describir plutones que cortan las estructuras de la roca caja, como los planos de estratificación.

Disolución (dissolution) Forma común de meteorización química; es el proceso de disolver en una disolución homogénea, como cuando una disolución acidificada disuelve la caliza.

Disolución hidrotermal (hydrothermal dissolution) Disolución acuosa y caliente que escapa de una masa magmática durante las etapas tardías de la cristalización. Dichas disoluciones pueden alterar la roca caja circundante y suelen ser el origen de depósitos significativos de menas.

Distribuidor (distributary) Sección de una corriente que abandona el flujo principal.

División de Cassini (Cassini gap) Ancha separación del sistema de anillos de Saturno entre el anillo A y el anillo B.

Divisoria (divide) Línea imaginaria que separa el drenaje de dos corrientes, a menudo a lo largo de una cordillera.

Dolina (sinkhole) Depresión producida en una región donde las rocas solubles han sido disueltas por el agua subterránea.

Domo de exfoliación (exfoliation dome) Gran estructura en forma de domo, normalmente desarrollada sobre granitos, y formada por lajamiento.

Domo de lava (lava dome) Masa bulbosa asociada con un volcán antiguo, producida por la extrusión de lavas muy densas por la chimenea. Los domos de lava pueden actuar como tapones para desviar las subsiguientes erupciones gaseosas.

Domo estructural (dome) Estructura con forma de pliegue convexo (anticlinal) aproximadamente circular.

Dorsal centro oceánico (mid-ocean ridge) Dorsal montañosa continua situada sobre el fondo de las principales cuencas oceánicas, cuya anchura varía entre 500 y 5.000 kilómetros. Las hendiduras situadas en las crestas de estas dorsales representan los bordes de placas divergentes.

Dorsal oceánica (ocean ridge) Véase *dorsal centro oceánica*.

Drumlin Colina simétrica alineada con la dirección de flujo glaciar compuesta de till glaciar. El lado abrupto de la colina da a la dirección desde la cual el hielo avanzó.

Duna (dune) Colina o loma de arena depositada por el viento.

Duna barjanoide (barchanoid dune) Dunas que forman hileras festoneadas de arena orientada según ángulos rectos con respecto al viento. Esta forma es intermedia entre los barjanes y las extensas ondulaciones de las dunas transversales.

Duna parabólica (parabolic dune) Duna arenosa similar en forma al barján excepto en que sus extremos apuntan en dirección contraria a la que sopla el viento. Estas dunas se forman a menudo a lo largo de las costas que tienen fuertes vientos que soplan en dirección a la costa, abundante arena y vegetación que cubre parcialmente la arena.

Dunas en estrella (star dune) Colina aislada de arena que exhibe una forma compleja y se desarrolla donde las direcciones del viento son variables.

Dunas longitudinales o seif (longitudinal dunes) Largas lomas de arena orientadas en paralelo a la dirección predominante del viento; estas dunas se forman en los lugares donde el suministro de arena es limitado

Dunas transversales (transverse dunes) Serie de largas lomas orientadas en ángulos rectos con respecto al viento predominante; estas dunas se forman donde la vegetación es dispersa y la arena es muy abundante.

Dureza (hardness) Resistencia de un mineral a la abrasión y el rayado.

Ecosonda (echo sounder) Instrumento utilizado para determinar la profundidad del agua midiendo el intervalo transcurrido entre la emisión de una señal de sonido y la vuelta de su eco desde el fondo.

Efecto invernadero (greenhouse effect) La transmisión de radiación solar de onda corta por la atmósfera acoplada a la absorción selectiva de la radiación terrestre de longitud de onda más larga, en especial por el vapor de agua y el dióxido de carbono, lo que causa el calentamiento de la atmósfera.

Efluente (gaining stream) Corriente que recibe agua mediante la entrada de aguas subterráneas a través de su lecho.

Electrón (electron) Partícula subatómica cargada negativamente que tiene una masa despreciable y se encuentra en el exterior del núcleo de un átomo.

Electrón de valencia (valence electron) Los electrones que intervienen en el proceso de enlace; los electrones que ocupan el nivel de energía principal más elevado de un átomo.

Elemento (element) Sustancia que no puede descomponerse en sustancias más simples por medios físicos o químicos ordinarios.

Eluviación (eluviation) Lavado de componentes finos del suelo desde el horizonte A por percolación de aguas descendentes.

Energía geotérmica (geothermal energy) Vapor de agua de origen natural utilizado para la generación de energía.

Energía hidroeléctrica (hydroelectric power) Electricidad generada mediante la caída del agua que se utiliza para accionar turbinas.

Enlace covalente (covalent bond) Enlace químico producido cuando se comparten electrones.

Enlace iónico (ionic bond) Enlace químico entre dos iones de carga opuesta formado por la transferencia de electrones de valencia de un átomo a otro.

Enlace metálico (metallic bond) Enlace químico presente en todos los metales que puede definirse como un tipo extremo de compartición de electrones en el cual los electrones se mueven libremente de átomo en átomo.

Enlace químico (chemical bond) Fuerte fuerza de atracción que existe entre los átomos de una sustancia. Consiste en transferir o compartir electrones, lo que permite que cada átomo consiga su capa de valencia completa.

Enriquecimiento secundario (secondary enrichment) Concentración, por

procesos de meteorización, de cantidades mínimas de metales que están dispersos en la roca no meteorizada, en concentraciones valiosas desde el punto de vista económico.

Eón (eon) La mayor unidad de tiempo en la escala geológica, siguiente en orden de magnitud a la era.

Eón Arcaico (Archean eon) El primer eón del tiempo Precámbrico. Es el eón que precede al Proterozoico. Se extiende entre hace 4 500 millones de años y hace 2.500 millones de años.

Eón Fanerozoico (Phanerozoic eon) Parte del tiempo geológico representado por rocas que contienen abundantes restos fósiles. Se extiende desde el final del eón Proterozoico (hace 540 millones de años) hasta la actualidad.

Eón Proterozoico (Proterozoic eon) El eón posterior al Arcaico y previo al Fanerozoico. Se extiende entre hace 2.500 y 540 millones de años.

Epicentro (epicenter) El lugar de la superficie terrestre que se encuentra directamente encima del foco de un terremoto.

Época (epoch) Unidad de la escala de tiempo geológico que es una subdivisión de un periodo.

Época Pleistocena (Pleistocene epoch) Época del periodo Cuaternario que empezó hace alrededor de 1,8 millones de años y acabó hace unos 10.000 años. Mejor conocida como la época de la gran glaciación continental.

Era Cenozoica (Cenozoic era) Lapso temporal en la escala de tiempo geológico que empieza hace unos 65,5 millones de años, después de la era Mesozoica.

Era Mesozoica (Mesozoic era) Lapso temporal en la escala de tiempo geológico que transcurre entre las eras Paleozoica y Cenozoica: desde hace unos 248 millones de años hasta hace 65,5 millones de años.

Era Paleozoica (Paleozoic era) Lapso temporal en la escala de tiempo geológico comprendido entre las eras Precámbrica y Mesozoica: desde hace unos 542 millones de años hasta hace 251 millones de años.

Era División principal en la escala de tiempo geológico; las eras se dividen en unidades más cortas denominadas periodos.

Erosión (erosion) Incorporación y transporte de material por un agente dinámico, como el agua, el viento y el hielo.

Erosión remontante (headward erosion) Ampliación pendiente arriba de la cabecera de un valle debida a la erosión.

Erupción fisural (fissure eruption) Erupción en la cual la lava es expulsada a través de estrechas fracturas o grietas en la corteza.

Escala de intensidad de Mercalli (Mercalli intensity scale) Véase *escala de intensidad modificada de Mercalli*.

Escala de intensidad modificada de Mercalli (modified Mercalli intensity scale) Escala de 12 puntos desarrollada para evaluar la intensidad de los terremotos basándose en la cuantía del daño causado a diversas estructuras.

Escala de Mohs (Mohs scale) Serie de 10 minerales utilizados como patrones para la determinación de la dureza.

Escala de Richter (Richter scale) Escala de magnitud de los terremotos basada en la amplitud de la mayor onda sísmica.

Escala de tiempo geológico (geologic time scale) División de la historia de la Tierra en bloques temporales: eones, eras, periodos y épocas. La escala de tiempo se creó utilizando principios relativos de datación.

Escarpe de falla (fault scarp) Resalte creado por el movimiento a lo largo de una falla. Constituye la superficie expuesta de la falla antes de su modificación por la meteorización y la erosión.

Escoria (scoria) Expulsiones vesiculares producto del magma basáltico.

Escurrentía (runoff) Agua que fluye sobre la tierra en vez de infiltrarse en el suelo.

Escurrentía en lámina (sheet flow) Aguas de escurrentía que fluyen en láminas finas no encauzadas.

Escudo (shield) Expansión grande y relativamente plana de rocas ígneas y metamórficas antiguas dentro del cratón.

Esfuerzo (stress) Fuerza por unidad de área que actúa sobre cualquier superficie dentro de un sólido.

Esfuerzo compresivo (compressional stress) Esfuerzo diferencial que acorta un cuerpo rocoso.

Esfuerzo diferencial (differential stress) Fuerzas desiguales en direcciones diferentes.

Esfuerzo tensional (tensional stress) El tipo de esfuerzo que tiende a separar un cuerpo.

Esker (esker) Cresta sinuosa compuesta en gran medida por arena y grava depositadas por una corriente que fluye en un túnel debajo de un glaciar cerca de su término.

Espeleotema (speleothem) Término colectivo para designar las rocas de precipitación química encontradas en las cavernas.

Espigón (groin) Muro corto construido en ángulo recto con la línea de costa para atrapar la arena en movimiento.

Espolones truncados (truncated spurs) Acanilados de forma triangular

producidos cuando espolones de tierra que se extienden hacia el interior de un valle son eliminados por la gran fuerza erosiva de un glaciar de valle.

Esquistosidad (schistosity) Tipo de foliación característico de rocas metamórficas de grano grueso. Estas rocas tienen una disposición paralela de minerales laminares, como las micas.

Estalactita (stalactite) Estructura carambanoide que cuelga del techo de una caverna.

Estalagmita (stalagmite) Forma columnar que crece hacia arriba desde el suelo de una caverna.

Estepa (steppe) Uno de los dos tipos de clima seco. Variante marginal y más húmeda del desierto que lo separa de los climas húmedos limítrofes.

Estrangulamiento (cutoff) Segmento corto de canal creado cuando un río erosiona el estrecho cuello de tierra situado entre dos meandros.

Estratificación cruzada (cross-bedding) Estructura en la cual capas relativamente finas están inclinadas en ángulo con respecto a la estratificación principal. Formada por corrientes de aire o agua.

Estrato gradado (graded bed) Capa de sedimento caracterizada por una disminución del tamaño de grano de base a techo.

Estratos (strata) Capas paralelas de rocas sedimentarias.

Estrato-volcán (stratovolcano) Véase *cono compuesto*.

Estriaciones glaciares (glacial striations) Grietas y surcos o estrías causados por la abrasión glaciar en el lecho de roca.

Estromatolitos (stromatolites) Montículos de carbonato de calcio con capas distintivas, que constituyen una evidencia fósil de la existencia de bacterias microscópicas antiguas.

Estructura rocosa (rock structure) Todas las estructuras creadas por los procesos de deformación, desde las fracturas menores del lecho de roca hasta una gran cadena montañosa.

Estructura tectónica (tectonic structure) Característica geológica básica, como un pliegue, una falla o una foliación rocosa, que se produce como consecuencia de fuerzas asociadas con la interacción de las placas tectónicas.

Estuario (estuary) Entrante marino con forma de embudo que se formó cuando una elevación del nivel del mar o una subsidencia del terreno hizo que se inundara la desembocadura de un río

Eucariotas Organismo cuyo material genético está encerrado en un núcleo; las

plantas, los animales y los hongos son eucariotas.

Evaporita (evaporite) Roca sedimentaria formada por el material depositado a partir de disoluciones por evaporación del agua.

Evapotranspiración (evapotranspiration) Efecto combinado de la evaporación y la transpiración.

Exfoliación (cleavage) Tendencia de un mineral a romperse a lo largo de planos con enlaces débiles.

Expansión del fondo oceánico (seafloor spreading) La primera hipótesis propuesta en los años 1960 por Harry Hess, según la cual se produce nueva corteza oceánica en las crestas de las dorsales mesoocénicas, que son los lugares donde divergen las placas.

Extrusiva (extrusive) Actividad ígnea que se produce en la superficie de la Tierra.

Facies (facies) Porción de una unidad litológica que posee un conjunto distintivo de características que la distingue de otras partes de la misma unidad.

Facies metamórficas (metamorphic facies) Grupo de minerales asociados que se utilizan para establecer las presiones y las temperaturas a las que las rocas experimentan metamorfismo.

Falla (fault) Rotura en una masa rocosa a lo largo de la cual se produce movimiento.

Falla de despegue (detachment fault) Falla casi horizontal que puede extenderse centenares de kilómetros por debajo de la superficie. Este tipo de fallas representa un límite entre las rocas que exhiben deformación dúctil y las rocas que exhiben deformación frágil.

Falla de desplazamiento horizontal (strike-slip fault) Falla a lo largo de la cual el movimiento es horizontal.

Falla de desplazamiento vertical (dip-slip fault) Falla en la cual el movimiento es paralelo al buzamiento de la falla.

Falla inversa (reverse fault) Falla en la cual el material situado encima del plano de falla asciende en relación con el material situado debajo.

Falla normal (normal fault) Falla en la cual la roca situada por encima del plano de falla se ha movido hacia abajo en relación con la roca situada por debajo.

Falla transformante (transform fault) Gran falla de desplazamiento horizontal que atraviesa la litosfera y acomoda el movimiento entre dos placas.

Fecha numérica (numerical date) Número de años que han pasado desde que un acontecimiento tuvo lugar.

Fenocristal (phenocryst) Cristal de gran tamaño incluido en una matriz de cristales de grano más fino.

Fetch (fetch) La distancia que ha recorrido el viento a través del agua libre.

Fiordo (fiord) Entrante de mar escarpado por los dos lados, formado cuando un valle glaciar es fue parcialmente inundado por el mar.

Fisibilidad (fissility) Separación en finas láminas a lo largo de superficies paralelas apretadas, que muestran algunas rocas como las lutitas fisiles (shales).

Fisión nuclear (fission, nuclear) La escisión de un núcleo pesado en dos o más núcleos más ligeros causada por la colisión con un neutrón. Durante este proceso se libera una gran cantidad de energía.

Fisión nuclear (nuclear fission) División de los núcleos atómicos en núcleos más pequeños produciendo la emisión de neutrones y la liberación de energía calorífica.

Fisura (fissure) Grieta en la roca a lo largo de la cual hay una separación evidente.

Flecha (spit) Loma alargada de arena que se proyecta desde tierra en la entrada de una bahía adyacente.

Flujo (flow) Tipo de movimiento común en los procesos gravitacionales en los cuales el material saturado de agua se desplaza pendiente abajo como un fluido viscoso.

Flujo de derrubios (debris flow) Flujo de suelo y regolito que contiene una gran cantidad de agua. Es muy habitual en las regiones montañosas semiáridas y en las laderas de algunos volcanes.

Flujo de tierra (earthflow) Movimiento descendente del sedimento rico en arcilla y saturado de agua. Muy característico de las regiones húmedas.

Flujo laminar (laminar flow) Movimiento de las partículas de agua que siguen trayectorias en línea recta y son paralelas al cauce. Las partículas de agua se mueven corriente abajo sin mezclarse.

Flujo mareal (flood current) Corriente mareal asociada con el incremento en altura de la marea.

Flujo piroclástico (pyroclastic flow) Mezcla muy caliente, en gran medida de cenizas y fragmentos de pumita, que descienden por los flancos de un volcán o a lo largo de la superficie del terreno.

Flujo plástico (plastic flow) Tipo de movimiento glaciar que se produce dentro del hielo por debajo de una profundidad de 50 metros, en la cual el hielo no se fractura.

Flujo turbulento (turbulent flow) Movimiento del agua de una manera errática a menudo caracterizada por remolinos y turbulencias. La mayor parte de los flujos de corriente son de este tipo.

Fluorescencia (fluorescence) Absorción de la luz ultravioleta, que es reemitida como luz visible.

Foco (terremoto) (focus, earthquake) La zona del interior de la Tierra donde el desplazamiento de rocas produce un terremoto.

Foliación (foliation) Término para designar el ordenamiento lineal de las características texturales exhibido a menudo por las rocas metamórficas.

Foliación (rock cleavage) Tendencia de las rocas a escindir a lo largo de superficies paralelas muy próximas. Estas superficies suelen estar muy inclinadas con respecto a los planos de estratificación de la roca.

Forma cristalina (crystal shape) Aspecto externo de uno determinado por la disposición ordenada de sus átomos

Formaciones de hierro bandeado (Banded iron formations) Un estrato de hierro y rico en sílice (cuarzo) finamente estratificado depositado principalmente durante el Precámbrico.

Fosa (trench) Véase *fosa submarina*.

Fosa submarina (deep-ocean trench) Depresión alargada estrecha del fondo marino.

Fosa tectónica asimétrica (half graben) Bloque de falla inclinado en el que el lado más elevado se asocia con una topografía montañosa y el lado más bajo es una cuenca que se llena de sedimento.

Fósil (fossil) Restos o huellas de organismos conservados desde el pasado geológico.

Fósil índice o guía (index fossil) Fósil que se asocia con un lapso de tiempo geológico concreto.

Fractura (fracture) Cualquier rotura longitudinal de la roca sin que haya habido movimiento apreciable.

Franja capilar (capillary fringe) Zona relativamente estrecha en la base de la zona de aireación. Aquí el agua asciende desde el nivel freático en aberturas diminutas entre los granos del suelo o sedimento.

Frente de playa (beach face) Superficie húmeda e inclinada que se extiende desde la berma hasta la línea de costa.

Fuente termal (hot spring) Manantial en el cual la temperatura es 6-9 °C más caliente que la temperatura media anual del aire de su localidad.

Fuerza de arrastre de la placa (slab-pull) Mecanismo que contribuye al movimiento de placas en el que la corteza oceánica fría y densa se sumerge en el manto y «arrastra» la litosfera posterior.

Fuerza de empuje de dorsal (ridge push) Mecanismo que contribuye

al movimiento de placas. Supone el deslizamiento de la litosfera oceánica debajo de la dorsal oceánica bajo la fuerza de la gravedad.

Fuerza de resistencia de la placa (plate resistance) Fuerza que contrarresta el movimiento de placas conforme una placa en subducción raspa una placa suprayacente.

Fuerza de succión de la placa (slab suction) Una de las fuerzas impulsoras del movimiento de placas, procede del empuje de la placa en subducción sobre el manto adyacente. Es una circulación inducida del manto que empuja la placa en subducción, así como la placa suprayacente hacia la fosa.

Fumarola (fumarole) En una zona volcánica, abertura de la cual escapan gases y vapores.

Fumarola oceánica (black smoker) Chimenea hidrotermal en el fondo oceánico que emite una nube negra de agua caliente rica en metales.

Fundido (melt) Porción líquida de un magma, excluyendo los cristales sólidos.

Fusión parcial (partial melting) Proceso mediante el cual se funde la mayoría de las rocas ígneas. Dado que cada mineral tiene puntos de fusión diferentes, la mayoría de las rocas ígneas se funde a lo largo de un intervalo de temperaturas de unos pocos centenares de grados. Si se extrae la fase líquida después de que haya habido algo de fusión, se produce un fundido con un mayor contenido de sílice.

Fusión por descompresión (decompression melting) Fusión que se produce cuando la roca asciende debido a un descenso de la presión de confinamiento.

Garganta (water gap) Paso a través de una cordillera o una montaña en la cual fluye una corriente de agua.

Geíser (geyser) Fuente de agua caliente expulsada de manera periódica desde el terreno.

Geología (geology) Ciencia que estudia la Tierra, su forma y composición, y los cambios que ha experimentado y está experimentando.

Geología física (physical geology) División principal de la geología que estudia los materiales de la Tierra y busca comprender los procesos y las fuerzas que actúan debajo y encima de su superficie terrestre.

Geología histórica (historical geology) División principal de la geología que aborda el origen de la Tierra y su desarrollo a lo largo del tiempo. Normalmente implica el estudio de fósiles y su secuencia en los estratos rocosos.

Geosfera La Tierra sólida; una de las cuatro esferas básicas de la Tierra.

Glaciar (glacier) Gruesa masa de hielo que se origina en la superficie terrestre por compactación y recristalización de la nieve mostrando evidencias de flujo en el pasado o en la actualidad.

Glaciar alpino (alpine glacier) Glaciar confinado a un valle de montaña, que en la mayoría de los casos había sido previamente un valle fluvial.

Glaciar de casquete (ice sheet) Masa de hielo glaciar muy grande y gruesa que fluye hacia el exterior en todas direcciones desde uno o más centros de acumulación.

Glaciar de desbordamiento (outlet glacier) Lengua de hielo que normalmente fluye con rapidez hacia fuera de un glaciar de meseta o coberteras de hielo, normalmente a través de terreno montañoso, hacia el mar.

Glaciar de piedemonte (piedmont glacier) Glaciar que se forma cuando uno o más glaciares alpinos emergen de las paredes confinantes de los valles de montaña y se extienden en la base de las montañas creando una amplia cubierta de hielo en las tierras bajas.

Glaciar de valle (valley glacier) Véase *glaciar alpino*.

Gondwana (Gondwanaland) Porción meridional de Pangea, que constaba de Sudamérica, África, Australia, India y la Antártida.

Graben o fosa tectónica (graben) Valle formado por el hundimiento de un bloque limitado por fallas.

Gradiente (gradient) Pendiente de una corriente de agua; generalmente se expresa como la caída vertical a lo largo de una distancia fija.

Gradiente geotérmico (geothermal gradient) Aumento gradual de la temperatura con la profundidad en la corteza. La media es de 30 °C por kilómetro en la corteza superior.

Gradiente hidráulico (hydraulic gradient) Pendiente del nivel freático. Se determina hallando la diferencia de altura entre dos puntos en el nivel freático y dividiéndola por la distancia horizontal entre los dos puntos.

Grieta de desecación (mud crack) Estructura en las rocas sedimentarias que se forma cuando el barro húmedo se seca, se contrae y se agrieta.

Grieta glaciar o crevasse (crevasse) Profunda hendidura en la superficie quebrada de un glaciar.

Guyot (guyot, tablemount) Montaña submarina sumergida de cima plana.

Hábito (habit) Se refiere a la forma común o característica de un cristal o agregado de cristales.

Harina de roca (rock flour) Roca molida

producida por el efecto de abrasión de un glaciar.

Hidrólisis (hydrolysis) Proceso de meteorización química en el cual los minerales son alterados al reaccionar químicamente con el agua y los ácidos.

Hidrosfera (hydrosphere) La porción acuosa de nuestro planeta; una de las subdivisiones tradicionales del ambiente físico de la Tierra.

Hipocentro (hypocenter) Véase *foco (terremoto)*.

Hipótesis (hypothesis) Explicación propuesta que luego es probada para determinar si es válida.

Hogback (hogback) Alineación montañosa estrecha y en forma de cresta formada por el borde volcado de un lecho de roca resistente con elevado buzamiento.

Horizontalidad original (original horizontality) Capas de sedimento que se depositan en general en una posición horizontal o casi horizontal.

Horizonte (horizon) Capa del perfil del suelo.

Horizonte del suelo (soil horizon) Capa del suelo que tiene características identificables producidas por meteorización química y otros procesos formadores de suelo.

Horn (horn) Pico piramidal formado por la acción glaciar de tres o más circos que rodean una cima montañosa.

Horst (horst) Bloque alargado y elevado limitado por fallas.

Huellas de puntos calientes (hot spot tracks) Cadena de estructuras volcánicas producidas a medida que una placa litosférica se mueve sobre una pluma del manto.

Humus Materia orgánica del suelo producida por la descomposición de plantas y animales.

Inclusión (inclusion) Parte de una unidad litológica contenida dentro de otra. Las inclusiones se utilizan en la datación relativa. La masa de roca adyacente a la que contiene la inclusión debe haber estado allí primero para proporcionar el fragmento.

Inconformidad (nonconformity) Discontinuidad estratigráfica en la cual las rocas ígneas metamórficas o intrusivas están cubiertas por estratos sedimentarios más jóvenes.

Inercia (inertia) Los objetos en reposo tienden a permanecer en reposo y los objetos en movimiento tienden a estar en movimiento a menos que sobre ellos actúe una fuerza exterior.

Infiltración (infiltration) Movimiento del agua superficial dentro de las rocas o el suelo a través de grietas o poros.

Influente (losing stream) Corrientes que pierden agua hacia el sistema de aguas subterráneas por el desagüe a través del lecho de la corriente.

Inselberg (inselberg) Montaña aislada relictiva característica de la etapa tardía de erosión en una región montañosa árida.

Intensidad (terremoto) (intensity, earthquake) Medida del grado de temblor sísmico en un lugar concreto basada en la cantidad de daños.

Interfase (interface) Límite común donde interaccionan diferentes partes de un sistema.

Intersección (cross-cutting) Principio de la datación relativa. Una roca o falla es más joven que cualquier roca (o falla) que corte.

Intervalo de recurrencia (recurrence interval) Intervalo medio entre acontecimientos hidrológicos como inundaciones de una magnitud determinada o mayor.

Intrusión (intrusión) Véase *Plutón*

Inundación (flood) Desbordamiento del cauce de una corriente de agua que sucede cuando el caudal supera la capacidad del cauce. Es el peligro geológico más habitual y destructivo.

Inversión magnética (magnetic reversal) Cambio en el campo magnético de la Tierra de normal a inverso y viceversa.

Ion Átomo o molécula que posee una carga eléctrica.

Isla barrera (barrier island) Banco bajo y alargado de arena que discurre paralelo a la costa.

Isostasia (isostasy) El concepto de que la corteza terrestre está «flotando» en equilibrio gravitatorio sobre el material del manto.

Isótopos (isotopes) Variedades del mismo elemento que tienen diferentes números másicos; sus núcleos contienen el mismo número de protones, pero diferentes números de neutrones.

Isótopos hijos o radiogénicos (daughter product) Isótopo que resulta de la desintegración radiactiva.

Kame (kame) Colina de bordes escarpados compuesta de arena y grava que se origina cuando el sedimento se reúne en aperturas del hielo glaciar estancado.

Karst (karst) Tipo de topografía formada sobre rocas solubles (en especial caliza) principalmente por disolución. Se caracteriza por los sumideros, las grietas y el drenaje subterráneo.

Klippe Resto o fragmento de una escama tectónica o manto de cabalgamiento que fue aislado por erosión.

Lacolito (laccolith) Cuerpo ígneo masivo resultado de una intrusión entre estratos preexistentes.

Lago de media luna (oxbow lake) Lago curvado que se origina cuando una corriente de agua corta un meandro.

Lago pequeño de montaña (tarn) Pequeño lago en un circo glaciar.

Lago pluvial (pluvial lake) Lago formado durante un periodo de aumento de lluvias. Esta situación ocurrió en muchas áreas no cubiertas por glaciares durante periodos de avance del hielo.

Lagos «Pater noster» (Pater noster lakes) Cadena de pequeños lagos en un valle glaciar que ocupa cubetas creadas por erosión glaciar.

Lahar (lahar) Coladas de derrubios originadas en las pendientes de los volcanes que se producen cuando capas inestables de ceniza y derrubios se saturan de agua y fluyen pendiente abajo, siguiendo normalmente los cauces de los ríos.

Lajamiento (sheeting) Proceso de meteorización mecánica caracterizado por la separación de láminas de roca.

Laterita (laterite) Tipo de suelo rojo intensamente lixiviado presente en los Trópicos, que es rico en óxidos de hierro y aluminio.

Laurasia (laurasia) La porción septentrional de Pangea, compuesta por Norteamérica y Eurasia.

Lava almohadillada (pillow basalts) Lava basáltica que solidifica en un ambiente subacuático y desarrolla una estructura que se parece a un apilamiento de almohadas.

Lava cordada (pahoehoe flow) Colada de lava con una superficie de lisa a ondulada.

Lava (lava) Magma que alcanza la superficie terrestre.

Ley (law) Afirmación formal de la manera regular según la cual se produce un fenómeno natural bajo condiciones determinadas; por ejemplo, la «ley de la superposición».

Ley de Darcy (Darcy's law) Ecuación que expresa que el caudal de aguas subterráneas depende del gradiente hidráulico, la conductividad hidráulica y el área de la sección transversal de un acuífero.

Ley de la constancia de los ángulos interfaciales (law of constancy of interfacial angles) Ley que establece que el ángulo entre caras equivalentes del mismo mineral son siempre iguales.

Ley de la superposición (law of superposition) En cualquier secuencia no deformada de rocas sedimentarias, cada estrato es más antiguo que el que tiene por encima y más moderno que el de debajo.

Ley de Steno (Steno's law) Véase *Ley de constancia de los ángulos interfaciales*

Licuefacción (liquefaction) Transformación de un suelo estable en un fluido que suele ser incapaz de soportar edificios u otras estructuras.

Límite de nieves perpetuas (snowline) Límite inferior de la nieve perpetua.

Línea de costa (coastline) Borde del lado del mar del litoral. Límite del lado de tierra del efecto de las olas de temporal más altas en la costa.

Línea litoral (shoreline) Línea que marca el contacto entre la tierra y el mar. Migra hacia arriba y hacia abajo conforme la marea sube o baja.

Litificación (lithification) Proceso, generalmente de cementación y/o compactación, de conversión de los sedimentos en roca sólida.

Litoral (shore) Lado del mar de la costa, esta zona se extiende desde el nivel más elevado de la acción de las olas durante los temporales hasta el nivel más bajo de la marea.

Litosfera (lithosphere) Capa externa rígida de la Tierra, que comprende la corteza y el manto superior.

Lixiviación (leaching) Empobrecimiento de materiales solubles de la parte superior del suelo por percolación de aguas descendentes.

Llanura abisal (abyssal plain) Área muy plana del fondo oceánico profundo, que normalmente se encuentra al pie de la elevación continental.

Llanura de aluvión (outwash plain) Llanura relativamente plana de pendiente suave que consta de materiales depositados por corrientes de agua de fusión delante del margen de un glaciar de casquete.

Llanura de inundación (floodplain) Porción plana y baja de un valle fluvial sujeta a inundación periódica.

Llanura mareal (tidal flat) Área pantanosa o fangosa que es alternativamente cubierta y expuesta por la subida y la bajada de las mareas.

Llanura oceánica (oceanic plateau) Región extensa del fondo oceánico compuesta de acumulaciones gruesas de lavas almohadilladas y otras rocas máficas que en algunos casos superan los 30 kilómetros de grosor.

Llanura salina (salt flat) Costra blanca situada en el suelo producida cuando el agua se evapora y precipita los componentes disueltos.

Lluvia de meteoritos (meteor shower) Numerosos meteoroides que viajan en la misma dirección y aproximadamente a

la misma velocidad. Se piensa que están constituidos por materia perdida por los cometas.

Loess (loess) Depósitos de limo transportado por el viento, que carecen de capas visibles, generalmente de color amarillento y capaces de originar resaltes casi verticales.

Longitud de onda (wavelength)

Distancia horizontal que separa crestas o valles sucesivos.

Magma Volumen de roca fundida situada en profundidad, que incluye gases disueltos y cristales.

Magnetismo fósil (fossil magnetism)

Véase *paleomagnetismo*.

Magnetómetro (magnetometer)

Instrumento sensible utilizado para medir la intensidad del campo magnético de la Tierra en diversos puntos.

Magnitud (terremoto) (magnitude, earthquake) Cálculo de la cantidad total de energía liberada durante un terremoto, basado en los registros sísmicos.

Magnitud del momento (moment magnitude)

Medida de la magnitud de un terremoto más precisa que la escala de Richter que se deriva del desplazamiento que se produce a lo largo de una zona de falla.

Malecones (jetties) Un par de estructuras que se extienden en el océano a la entrada de un puerto o un río y que se construyen con el fin de protegerlo contra las olas de tormenta y el depósito de sedimentos.

Manantial o fuente (spring) Flujo de agua subterránea que emerge de forma natural en la superficie del terreno.

Mancha solar (sunspot) Área oscura del Sol asociada con potentes tormentas magnéticas que se extienden desde la superficie solar hacia el interior profundo.

Manto (mantle) Una de las capas composicionales de la Tierra. Caparazón de roca sólida que se extiende desde la base de la corteza hasta una profundidad de 2.900 kilómetros.

Manto inferior (lower mantle) Véase *mesosfera*.

Marea (tide) Cambio periódico en la elevación de la superficie oceánica.

Marea de tempestad (storm surge) La elevación anómala del mar a lo largo de una costa como consecuencia de fuertes vientos.

Marea muerta (neap tide) La menor altura mareal. Se produce cerca de los momentos en que hay cuartos crecientes y menguantes.

Marea viva (spring tide) La marea más alta. Se produce cerca de los momentos de luna nueva y luna llena.

Marejada (swells) Olas generadas por el viento que han entrado en una zona de vientos más débiles o en calma.

Maremoto (seismic sea wave) Ola oceánica de movimiento rápido generada por la actividad sísmica, que es capaz de infligir graves daños en las regiones costeras.

Mares lunares, maría (maria) Áreas suaves en la superficie de la Luna que se pensó, equivocadamente, que eran mares.

Margen continental (continental margin) Porción del fondo oceánico adyacente a los continentes. Puede incluir la plataforma continental, el talud continental y el pie de talud.

Margen continental pasivo (passive continental margin) Margen formado por una plataforma continental, el talud continental y el pie de talud. No están asociados con los bordes de placa y, por tanto, experimentan poco vulcanismo y escasos terremotos.

Marmita de gigante (pothole) Depresión formada en el cauce de una corriente de agua por la acción abrasiva de la carga de sedimento en el agua.

Masivo (massive) Plutón ígneo que no es de forma tabular.

Material piroclástico (pyroclastic material) Roca volcánica expulsada durante una erupción. Son materiales piroclásticos las cenizas, las bombas y los bloques.

Meandro (meander) Sinuosidad en forma de lazo en el curso de una corriente de agua.

Meandro encajado (incised meander) Cauce sinuoso que fluye en un valle inclinado y estrecho. Estas estructuras se forman cuando un área se eleva o cuando el nivel de base cae.

Mecanismo de retroalimentación del clima (Climate feedback mechanism) Dado que la atmósfera es un sistema físico interactivo complejo, pueden producirse diversos posibles resultados diferentes cuando se altera uno de los elementos del sistema. Estas varias posibilidades se denominan *mecanismos de retroalimentación del clima*.

Mecanismo de retroalimentación negativa (negative feedback mechanism) Como se usa en el cambio climático, cualquier efecto que es el opuesto al cambio inicial y tienen a compensarlo.

Mecanismo de retroalimentación positiva (positive feedback mechanism) Como se usa en el cambio climático, cualquier efecto que actúa para reforzar el cambio climático.

Mena (ore) Normalmente un mineral metálico útil que puede extraerse en una

mina para sacar beneficio. El término se aplica también a ciertos minerales no metálicos como la fluorita y el azufre.

Mesosfera (mesosphere) Parte del manto que se extiende desde el límite núcleo-manto hasta una profundidad de 660 kilómetros. También se conoce como manto inferior.

Metamorfismo (metamorphism)

Cambios en la composición mineral y textura de una roca sometida a elevadas temperaturas y presiones en el interior de la Tierra.

Metamorfismo de contacto (contact metamorphism) Cambios en la roca causados por el calor procedente de un cuerpo magmático próximo.

Metamorfismo de enterramiento (burial metamorphism) Metamorfismo de grado bajo que se produce en las capas inferiores de acumulaciones muy espesas de estratos sedimentarios.

Metamorfismo de impacto (impact metamorphism) Metamorfismo que se produce cuando los meteoritos golpean la superficie terrestre.

Metamorfismo de zona de subducción (subduction zone metamorphism) Metamorfismo de presión elevada y temperatura baja que se produce donde los sedimentos son transportados a grandes profundidades por una placa en subducción.

Metamorfismo hidrotermal (hydrothermal metamorphism) Alteraciones químicas que se producen cuando el agua caliente rica en hierro circula a través de las fracturas de la roca.

Metamorfismo regional (regional metamorphism) Metamorfismo asociado con la formación de montañas a gran escala.

Metamorfismo térmico (thermal metamorphism) Véase *metamorfismo de contacto*.

Metasomatismo (metasomatism) Proceso metamórfico ligado a la presencia de fluidos hidrotermales químicamente activos que favorecen la disolución, migración e intercambio de iones entre los minerales de una roca y los fluidos.

Meteorito (meteorite) Cualquier porción de un meteoride que sobrevive después de atravesar la atmósfera terrestre y choca contra la superficie.

Meteorización (weathering) Desintegración y descomposición de una roca en la superficie terrestre o en un lugar próximo a ella.

Meteorización diferencial (differential weathering) Variación en la velocidad y el grado de meteorización causada por factores como la composición mineral, el grado de compacidad y el clima.

Meteorización esferoidal (spheroidal weathering) Cualquier proceso de meteorización que tiende a producir una forma esférica a partir de una forma inicialmente en bloque.

Meteorización mecánica (mechanical weathering) Desintegración física de una roca que provoca la formación de fragmentos más pequeños.

Meteorización química (chemical weathering) Procesos mediante los cuales la estructura interna de un mineral es alterada por eliminación y/o adición de elementos.

Meteoro (meteor) Fenómeno luminoso observado cuando un meteoróide entra en la atmósfera terrestre y se enciende; popularmente denominado «estrella fugaz».

Meteoróide (meteoroid) Cualquier pequeña partícula sólida que tenga una órbita en el Sistema Solar.

Mezcla de magmas (magma mixing) Proceso de modificación de la composición de un magma a través de la mezcla con material de otro cuerpo magmático.

Microcontinentes (microcontinents) Fragmentos relativamente pequeños de corteza continental que pueden encontrarse por encima del nivel del mar, como la isla de Madagascar, o sumergidos como la llanura Campbell, situada cerca de Nueva Zelanda.

Micrometeorito (micrometeorite) Meteorito muy pequeño que no crea suficiente fricción para arder en la atmósfera, sino que desciende lentamente hacia la Tierra.

Migmatita (migmatite) Roca que muestra a la vez características de roca ígnea y metamórfica. Dichas rocas pueden formarse cuando se funden los silicatos félsicos y luego cristalizan, mientras que los silicatos máficos permanecen sólidos.

Mineral (mineral) Material cristalino inorgánico de origen natural con una estructura química definida.

Mineral índice (index mineral) Mineral que es un buen indicador del ambiente metamórfico en el que se formó. Utilizado para distinguir zonas diferentes de metamorfismo regional.

Mineralogía (mineralogy) Estudio de los minerales.

Montaña limitada por fallas (fault-block mountain) Montaña formada por el desplazamiento de rocas a lo largo de una falla.

Montañas compresionales (compressional mountains) Montañas en las que grandes fuerzas horizontales han acortado y engrosado la corteza. La mayor parte de las cordilleras montañosas son de este tipo.

Monte submarino (seamount) Pico volcánico aislado que asciende al menos 1.000 metros por encima del suelo oceánico profundo.

Morrena central (medial moraine) Cordón de tills formado cuando se juntan las morrenas laterales de dos glaciares alpinos que se unen.

Morrena de fondo (ground moraine) Capa ondulada de till depositada conforme el frente de hielo se retira.

Morrena de retroceso (recessional moraine) Morrena final formada conforme se estancaba el frente de hielo durante el retroceso glacial.

Morrena final (end moraine) Alineación de aluviones glaciares que marca una posición anterior del frente de un glaciar.

Morrena lateral (lateral moraine) Cordón de tills a lo largo de los bordes de un glaciar de valle compuestos fundamentalmente de derrubios que cayeron al glaciar procedentes de las paredes del valle.

Morrena terminal (terminal moraine) Morrena final que marca el lugar más avanzado al que llega un glaciar.

Nebulosa solar (solar nebula) Nube de gas y/o polvo interestelar a partir de la cual se formaron los cuerpos de nuestro Sistema Solar.

Neutrón (neutron) Partícula subatómica localizada en el núcleo de un átomo. El neutrón es eléctricamente neutro y tiene una masa aproximadamente igual a la de un protón.

Nevizá (firn) Nieve granular recristalizada. Una etapa de transición entre la nieve y el hielo glacial.

Nivel de base (base level) Nivel por debajo del cual un río no puede erosionar más.

Nivel de base absoluto (ultimate base level) Nivel del mar; el menor nivel al cual la erosión fluvial puede profundizar en el terreno.

Nivel de base local (local base level) Véase *nivel de base transitorio*.

Nivel de base transitorio (local) (temporary -local- base level) Nivel de un lago, una capa de roca resistente o cualquier otro nivel de base que se sitúa por encima del nivel del mar.

Nivel freático (water table) El nivel superior de la zona saturada de las aguas subterráneas.

Nivel freático colgado (perched water table) Zona de saturación localizada por encima del nivel freático principal creada por una capa impermeable (acuicluido).

Niveles o capas de energía (energy levels or shells) Zonas con forma esférica y

carga negativa que rodean el núcleo de un átomo.

Nivel piezométrico (piezometric surface) Altura hasta la cual ascenderá el agua de un pozo artesiano por la presión del agua situada por encima, dentro del acuífero incluido. Depende de la altura de la zona de recarga del acuífero y de la distancia desde esta zona hasta el pozo.

No foliado (nonfoliated) Roca metamórfica que no exhibe foliación.

Nódulos de manganeso (manganese nodules) Tipo de sedimento hidrogénico disperso en el suelo oceánico, compuesto fundamentalmente de manganeso y hierro, y que normalmente contiene pequeñas cantidades de cobre, níquel y cobalto.

Nube ardiente (nuée ardente) Restos volcánicos incandescentes en suspensión por los gases calientes que se mueven pendiente abajo como si fuera una avalancha.

Nube de Oort (Oort cloud) Caparazón esférico compuesto de cometas que orbita el Sol a distancias en general superiores a 10.000 veces la distancia Tierra-Sol.

Núcleo (core) Capa más interna de la Tierra según la composición. Se cree que es en gran parte una aleación de hierro y níquel con cantidades menores de oxígeno, silicio y azufre.

Núcleo (nucleus) Centro pequeño y denso de un átomo que contiene toda su carga positiva y la mayor parte de su masa.

Núcleo externo (outer core) Capa situada debajo del manto, de unos 2.270 kilómetros de espesor y que tiene las propiedades de un líquido.

Núcleo interno (inner core) Capa sólida más interna de la Tierra, con un radio de unos 1.216 kilómetros.

Número atómico (atomic number) Número de protones que hay en el núcleo de un átomo.

Número másico (mass number) La suma del número de neutrones y de protones del núcleo de un átomo.

Ocultación (occultation) Desaparición de luz que se produce cuando un objeto pasa detrás de otro aparentemente mayor. Por ejemplo, el paso de Urano por delante de una estrella distante.

Ola de oscilación (wave of oscillation) Ola en la cual la onda forma avances conforme las partículas de agua se mueven en órbitas circulares.

Ola de traslación (wave of translation) Avance turbulento del agua creado por las olas rompientes.

Oleada glaciar (surge) Periodo de avance glaciar rápido. Son típicamente esporádicas y cortas.

Onda de cuerpo (body wave) Onda sísmica que viaja a través del interior de la Tierra.

Onda P (P wave) La onda sísmica más rápida, que se transmite por compresión y expansión del medio.

Onda primaria (P) (primary (P) wave) Tipo de onda sísmica que implica la alternancia de compresión y expansión del material a través del que pasa.

Onda S (S wave) Onda sísmica, más lenta que una onda P, que viaja sólo a través de sólidos.

Onda secundaria (S) (secondary (S) wave) Onda sísmica que implica una oscilación perpendicular a la dirección de propagación.

Ondas de superficie (surface waves) Ondas sísmicas que viajan a lo largo de la capa externa de la Tierra.

Ondas largas (L) (long (L) waves) Estas ondas generadas por los terremotos viajan a lo largo de la capa externa de la Tierra y son responsables de la mayor parte del daño de superficie. Las ondas L tienen periodos más largos que las otras ondas sísmicas.

Orogénesis (orogenesis) Los procesos que, en conjunto, tienen como consecuencia la formación de montañas.

Oxidación (oxidation) Pérdida de uno o más electrones de un átomo o ion. Denominado así porque los elementos se combinan normalmente con el oxígeno.

Paleoclimatología (paleoclimatology) El estudio de los climas antiguos; el estudio del clima y el cambio climático antes del periodo de registros instrumentales utilizando datos indirectos.

Paleomagnetismo (paleomagnetism) El magnetismo remanente natural en los cuerpos rocosos. La magnetización permanente adquirida por una roca que puede utilizarse para determinar la localización de los polos magnéticos y la latitud de la roca en el momento en que quedó magnetizada.

Paleontología (paleontology) Estudio sistemático de los fósiles y la historia de la vida sobre la Tierra.

Paleozoico Término que abarca los eones Arcaico y Proterozoico.

Pangea (Pangaea) Supercontinente propuesto que hace 200 millones de años empezó a separarse y formar las masas terrestres actuales.

Paraconformidad (disconformity) Tipo de discontinuidad estratigráfica en la cual los estratos por encima y por debajo son paralelos.

Pasta (groundmass) La matriz de cristales más pequeños dentro de una roca ígnea que tiene textura porfídica.

Pavimento desértico (desert pavement) Capa de grava y clastos gruesos creada

cuando el viento ha eliminado el material más fino.

Pegmatita (pegmatite) Roca ígnea de grano muy grueso (normalmente granito) que suele encontrarse asociada a una gran masa de rocas plutónicas que tienen cristales más pequeños. Se cree que la cristalización en un ambiente rico en agua es responsable del gran tamaño de los cristales.

Perfil de reflexión sísmica (seismic reflection profile) Método de observación de la estructura de roca por debajo de una capa de sedimento utilizando ondas sonoras fuertes de baja frecuencia que penetran los sedimentos y reflejan los contactos entre las capas rocosas y las zonas de falla.

Perfil del suelo (soil profile) Sección vertical a través de un suelo que muestra su sucesión de horizontes y la roca madre subyacente.

Perfil longitudinal (longitudinal profile) Sección representativa de un cauce fluvial a lo largo de su curso descendente desde la cabecera a la desembocadura.

Peridotita (peridotite) Roca ígnea de composición ultramáfica que se cree abundante en el manto superior.

Periodo (period) Unidad básica de la escala de tiempo geológico que es una subdivisión de una era. Los periodos pueden dividirse en unidades más pequeñas denominadas épocas.

Periodo de onda (wave period) Intervalo temporal comprendido entre el paso de crestas sucesivas en un punto estacionario.

Periodo de retorno (return period) Véase *intervalo de recurrencia*.

Periodo de semidesintegración o vida media (half-life) Tiempo necesario para que se desintegre la mitad de los átomos de una sustancia radiactiva.

Permafrost (permafrost) Cualquier subsuelo permanentemente helado. Se encuentra normalmente en las regiones árticas y subárticas o pergelisuelo.

Permeabilidad (permeability) Medida de la capacidad de un material para transmitir agua.

Peso atómico (atomic weight) La media de las masas atómicas de los isótopos para un elemento dado.

Peso específico (specific gravity) Razón del peso de una sustancia con respecto al peso de un volumen igual de agua.

Pie de talud o elevación continental (continental rise) La superficie en suave pendiente que hay en la base del talud continental.

Pitón volcánico (volcanic neck) Resto aislado, con lateral empinado y erosivo

que consiste en lava que una vez ocupó la chimenea de un volcán.

Pizarrosidad (slaty cleavage) Tipo de foliación característica de pizarras en la cual hay una disposición paralela de minerales metamórficos de grano muy fino.

Placa (plate) Véase *Placa litosférica*

Placa litosférica (Lithospheric plate) Unidad coherente de la capa externa rígida de la Tierra que abarca la corteza y la unidad superior.

Placa tectónica (Tectonic plate) Véase *Placa litosférica*

Placer Yacimiento formado cuando los minerales pesados son concentrados mecánicamente por las corrientes, lo más habitual por arroyos y oleaje. Los placeres son fuentes de oro, estaño, platino, diamantes y otros minerales valiosos.

Planeta joviano (Jovian planet) Uno de los planetas semejantes a Júpiter; Saturno, Urano y Neptuno. Estos planetas tienen densidades relativamente bajas.

Planeta terrestre (terrestrial planet) Uno de los planetas parecidos a la Tierra: Mercurio, Venus y Marte. Estos planetas tienen densidades similares.

Planetas exteriores (outer planets) Planetas de nuestro Sistema Solar, que incluyen Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno y Plutón. Con la excepción de Plutón, estos cuerpos son conocidos como los planetas jovianos.

Planetas interiores (inner planets) Planetas más interiores de nuestro Sistema Solar, que incluyen Mercurio, Venus, la Tierra y Marte. También se les denomina planetas terrestres debido a su estructura interna y su composición, similares a las de la Tierra.

Planetesimal (planetesimal) Cuerpo celestial sólido que se acumuló durante las primeras etapas de la formación planetaria. Los planetesimales se agregaron en cuerpos cada vez más grandes, que formaron en último término los planetas.

Plano de estratificación (bedding plane) Superficie casi plana que separa dos estratos de roca sedimentaria. Cada plano de estratificación marca el final de un depósito y el comienzo de otro con diferentes características.

Plataforma continental (continental shelf) La zona sumergida de suave pendiente del margen continental que se extiende desde la línea de costa hasta el talud continental.

Plataforma de abrasión (wave-cut platform) Escalón o plataforma a lo largo de una costa al nivel del mar, cortada por erosión de las olas.

Plataforma estable (stable platform) Parte del cratón cubierta por rocas

sedimentarias relativamente no deformadas y por debajo de la cual yace un complejo de base de rocas ígneas y metamórficas.

Plataforma glaciar (ice shelf) Es una masa grande y relativamente plana de hielo flotante que se extiende hacia el mar desde la costa, pero permanece unida a la tierra por uno o más lados, cuando el hielo glaciar fluye en las bahías.

Playa (beach) Acumulación de sedimento que se encuentra a lo largo del borde continental del océano o de un lago.

Playa alta (backshore) Porción interior de la costa, que se encuentra en el lado de tierra de la línea de costa de mareas altas. Suele estar seca y sólo se ve afectada por las olas durante los temporales.

Playa árida (playa) El área central plana de una cuenca desértica sin drenaje.

Playa baja (foreshore) Porción de la costa que se encuentra entre las marcas normales de marea alta y baja; la zona intermareal.

Playa lago (playa lake) Lago transitorio en una playa.

Pliegue (fold) Capa o serie de capas dobladas que originalmente eran horizontales y después se deformaron.

Pliegue monoclin (monocline) Flexura de un solo flanco en los estratos. Los estratos suelen ser planos o con buzamientos muy suaves a ambos lados del pliegue monoclin.

Pluma del manto (mantle plume) Masa de material del manto más caliente de lo normal que asciende hacia la superficie, donde llevará a la actividad ígnea. Estas plumas de material sólido pero móvil pueden originarse a tanta profundidad como el límite núcleo-manto.

Plutón (pluton) Estructura que se produce como consecuencia del emplazamiento y cristalización del magma bajo la superficie terrestre.

Polaridad inversa (reverse polarity) Campo magnético opuesto al que existe en la actualidad.

Polaridad normal (normal polarity) Campo magnético igual al que existe en la actualidad.

Polimorfos (polymorphs) Dos o más minerales que tienen la misma composición química pero diferentes estructuras cristalinas. Son ejemplos las formas del carbono diamante y grafito.

Pórfido (porphyry) Roca ígnea con una textura porfídica.

Porosidad (porosity) Volumen de espacios abiertos en la roca o el suelo.

Pozo (well) Apertura horadada en la zona de saturación.

Pozo artesiano (artesian well) Pozo en el cual el agua surge por encima del nivel en el que se encontró inicialmente.

Pozo artesiano no surgente (nonflowing artesian well) Pozo artesiano en el cual el agua no surge a la superficie porque la presión de superficie está por debajo del nivel del suelo.

Pozo artesiano surgente (flowing artesian well) Pozo artesiano en el cual el agua fluye libremente a la superficie de la tierra porque la presión de superficie está por encima del nivel del suelo.

Precámbrico (Precambrian) Todo el tiempo geológico anterior a los eones Arcaico y Proterozoico.

Presión de confinamiento (confining pressure) Presión que se aplica uniformemente por todas partes.

Principio de la horizontalidad original (principle of original horizontality) Las capas de sedimentos se depositan generalmente en posición horizontal o casi horizontal.

Principio de la sucesión faunística (principle of faunal succession) Los organismos fósiles se sucedieron unos a otros en un orden definido y determinable, y cualquier periodo puede reconocerse por su contenido fósil.

Prisma de acreción (accretionary wedge)

Gran masa de sedimentos en forma de cuña que se acumula en las zonas de subducción. Aquí, los sedimentos son arrancados de la placa oceánica en subducción y acrecionados al bloque de corteza suprayacente.

Procariontas (prokaryotes) Se refiere a las células u organismos como las bacterias cuyo material genético no está encerrado en un núcleo.

Proceso externo (external process)

Proceso como la meteorización, los procesos gravitacionales o la erosión alimentado por el Sol y que contribuye a la transformación de la roca sólida en sedimento.

Proceso interno (internal process)

Proceso como la formación de una montaña o el vulcanismo que obtiene su energía del interior de la Tierra y eleva la superficie terrestre.

Procesos gravitacionales (mass wasting)

Movimiento pendiente abajo de roca, regolito y suelo bajo por la influencia directa de la gravedad.

Protolito (parent rock) Roca primaria. Roca madre a partir de la cual, por procesos metamórficos; se ha formado una roca metamórfica.

Protón (proton) Partícula subatómica con carga positiva encontrada en el núcleo de un átomo.

Protoplanetas (protoplanets) Cuerpo planetario en desarrollo que crece por la acumulación de planetesimales.

Pumita (pumice) Roca vesicular vítrea de color claro que suele tener una composición granítica.

Punto caliente (hot spot) Concentración de calor en el manto capaz de producir magma, el cual, a su vez, surge en la superficie terrestre. El vulcanismo intraplaca que produjo las islas Hawai es un ejemplo.

Punto de Curie (Curie point)

Temperatura por encima de la cual un material pierde su magnetización.

Radiactividad (radioactivity, radioactive decay) Desintegración espontánea de ciertos núcleos atómicos inestables.

Rápidos (rapids) Parte del cauce de una corriente en la cual el agua empieza súbitamente a fluir con mayor rapidez y turbulencia debido a un escalonamiento abrupto del gradiente.

Rayos (rays) Haces brillantes que parecen radiar de ciertos cráteres en la superficie lunar. Los rayos consisten en finos derrubios expulsados del cráter primario.

Rebote elástico (elastic rebound)

Liberación súbita de la tensión almacenada en las rocas que resulta del movimiento a lo largo de una falla.

Recurso mineral no metálico (nonmetallic mineral resource) Recurso mineral que no es un combustible ni es procesado por los metales que contiene.

Recurso no renovable (nonrenewable resource)

Recurso que se forma o acumula durante lapsos tan largos de tiempo que su cantidad total debe considerarse fija.

Recursos minerales (mineral resource)

Todos los depósitos descubiertos y no descubiertos de un mineral útil que puedan ser extraídos ahora o en algún momento del futuro.

Recursos renovables (renewable resource)

Recursos que son prácticamente inagotables o que pueden volver a reponerse en lapsos de tiempo relativamente cortos.

Red de drenaje enrejada (trellis drainage pattern)

Sistema de corrientes de agua en el cual afluentes casi paralelos ocupan los valles cortados en estratos plegados.

Red de drenaje interior (interior drainage)

Modelo discontinuo de corrientes intermitentes que no fluyen hacia el océano.

Red de drenaje radial (radial pattern)

Sistema de corrientes de agua que fluyen en todas las direcciones alejándose de una

estructura central elevada, como un volcán.

Red dendrítica (dendritic pattern) Sistema de corrientes de agua que sigue el modelo de un árbol ramificado.

Red rectangular (rectangular pattern) Red de drenaje caracterizada por numerosos recodos en ángulo recto. Se desarrolla generalmente sobre un substrato rocoso fracturado.

Reflujo de la marea (ebb current) Movimiento de la corriente mareal en sentido contrario a la costa.

Refracción (refraction) Véase *refracción de las olas*.

Refracción de las olas (wave refraction) Cambio en la dirección de las olas cuando entran en aguas someras. La parte del oleaje en aguas someras se ralentiza, lo que provoca que las olas se curven y alineen con el contorno subacuático.

Regla del octeto (octet rule) Los átomos se combinan de manera que cada uno pueda tener la disposición electrónica de un gas noble; es decir, el nivel de energía más externo contiene ocho electrones.

Regolito (regolith) Capa de roca y fragmentos minerales que cubre casi cualquier parte de la superficie terrestre de la Tierra.

Regolito lunar (lunar regolith) Capa fina de color gris que cubre la superficie de la Luna y que está compuesta por material suelto fragmentado que se cree formado por impactos meteoríticos repetidos.

Rejuvenecimiento (rejuvenation) Cambio en relación con el nivel de base, causado a menudo por levantamiento regional, que intensifica las fuerzas de erosión.

Réplica (aftershock) Terremoto más pequeño que sigue al terremoto principal.

Reptación (creep) Movimiento lento ladera debajo de suelo y regolito.

Reptación de falla (fault creep) Desplazamiento gradual a lo largo de una falla. Esta actividad ocurre de una manera relativamente suave y con poca actividad sísmica apreciable.

Reserva (reserve) Depósitos ya identificados a partir de los cuales pueden extraerse minerales rentables.

Retroceso de escarpe (cut bank) Área de erosión activa en el exterior de un meandro.

Ribera cercana (nearshore) Zona de una playa que se extiende mar adentro desde la línea de las mareas bajas hasta donde las olas rompen durante la marea baja.

Rift continental (continental rift) Zona lineal a lo largo de la cual la litosfera continental se estira y se separa. Su

creación marca el inicio de una nueva cuenca oceánica.

Río (river) Término general de una corriente que lleva una cantidad sustancial de agua y tiene numerosos afluentes.

Rizaduras (ripple marks) Pequeñas ondulaciones de arena que se desarrollan en la superficie de una capa de sedimento por acción del agua o el aire en movimiento.

Roca (rock) Mezcla consolidada de minerales.

Roca aborregada (roche moutonnée) Montículo asimétrico de roca del sustrato, formada cuando la abrasión glaciaria alisa la pendiente suave que mira hacia la capa de hielo que avanza y que arranca el lado opuesto, haciéndolo más empinado conforme el hielo pasa por encima del montículo.

Roca almacén (reservoir rock) La fracción permeable y porosa de una trampa petrolífera que suministra petróleo y gas.

Roca de tapa (cap rock) Componente necesario de una trampa petrolífera. La roca de tapa es impermeable y, por consiguiente, evita que el petróleo y el gas, con tendencia ascendente, escapen a la superficie.

Roca ígnea (igneous rock) Roca formada por la cristalización del magma.

Roca intrusiva (intrusive rock) Roca ígnea que se formó bajo la superficie terrestre.

Roca madre (parent material) El material sobre el cual se desarrolla el suelo.

Roca metamórfica (metamorphic rock) Roca formada por la modificación de otras preexistentes en el interior de la Tierra (pero todavía en estado sólido) mediante calor, presión o fluidos químicamente activos.

Roca plutónica (plutonic rock) Roca ígnea que se forma en la profundidad. Recibe el nombre de Plutón, el dios del mundo inferior de la mitología clásica.

Roca sedimentaria (sedimentary rock) Roca formada a partir de los productos de meteorización de rocas preexistentes que han sido transportadas, depositadas y litificadas.

Roca sedimentaria orgánica (Organic sedimentary rock) Roca sedimentaria compuesta por carbono orgánico a partir de los restos de plantas que murieron y se acumularon en el suelo de un pantano. El carbón es el ejemplo principal.

Roca sedimentaria química (chemical sedimentary rock) Roca sedimentaria que consiste en material precipitado del agua por medios orgánicos o inorgánicos.

Rocas sedimentarias detríticas (detrital sedimentary rocks) Rocas que se forman a partir de la acumulación de los materiales

que se originan y son transportados como partículas sólidas, resultado de la meteorización mecánica y química.

Rompeolas (breakwater) Estructura que protege un área del litoral de las olas que rompen en él.

Ruptura de plataforma (shelf break) Punto en el cual se produce un rápido aumento del gradiente, que marca el borde externo de la plataforma continental y el comienzo del talud continental.

Salinidad (salinity) Proporción de sales disueltas con respecto al agua pura, normalmente expresada en partes por mil (0/000).

Saltación (saltation) Transporte de sedimento a través de una serie de saltos o brincos.

Sedimentación cristalina (crystal settling) Durante la cristalización del magma, los minerales formados en primer lugar son más densos que la porción líquida y sedimentan en el fondo de la cámara magmática.

Sedimento (sediment) Partículas no consolidadas creadas por la meteorización y la erosión de rocas, por precipitación química de soluciones acuosas o de secreciones de organismos, y transportadas por el agua, el viento o los glaciares.

Sedimento biógeno (biogenous sediment) Sedimentos del fondo marino que consisten en material de origen marino-orgánico.

Sedimento hidrogénico (hydrogenous sediment) Sedimento del suelo oceánico que consiste en minerales que cristalizan a partir del agua del mar. Un ejemplo importante son los nódulos de manganeso.

Sedimento terrígeno (terrigenous sediment) Sedimentos del fondo marino derivados de la erosión y la meteorización terrestre.

Selección (sorting) Grado de semejanza que tiene el tamaño de las partículas de un sedimento o una roca sedimentaria.

Serie de cristalización de Bowen (Bowen's reaction series) Concepto propuesto por N. L. Bowen que ilustra las relaciones entre el magma y los minerales que cristalizan a partir de él durante la formación de las rocas ígneas.

Siderito (iron meteorite) Una de las tres principales categorías de meteoritos. Están compuestos en gran medida de hierro con cantidades variables de níquel (5-20 por ciento). La mayor parte de los meteoritos encontrados son sideritos.

Siderolito (stony-iron meteorite) Una de las tres principales categorías de meteoritos. Este grupo, como su nombre indica, es una mezcla de hierro y silicatos.

Silicato (silicate) Cualquiera de los numerosos minerales que tienen el tetraedro silicio-oxígeno como su estructura básica.

Silicato claro (light silicate) Silicatos carentes de hierro y/o magnesio. En general tienen un color más claro y pesos específicos menores que los silicatos oscuros.

Silicato ferromagnesiano (ferromagnesian silicate) Véase *silicato oscuro*.

Silicato no ferromagnesiano (nonferromagnesian silicate) Véase *silicato claro*.

Silicato oscuro (dark silicate) Silicatos que contienen iones de hierro y/o magnesio en su estructura. Tienen un color oscuro y un peso específico más elevado que los silicatos no ferromagnesianos.

Sill Cuerpo ígneo tabular resultado de una intrusión paralela a las capas de la roca caja.

Sinclinal (syncline) Pliegue con disposición cóncava de los estratos sedimentarios; lo opuesto a un anticlinal.

Sismo precursor (foreshocks) Pequeños terremotos que a menudo preceden a uno mayor.

Sismógrafo (seismograph) Instrumento que registra las ondas sísmicas.

Sismograma (seismogram) Registro realizado por un sismógrafo.

Sismología (seismology) Estudio de los terremotos y las ondas sísmicas

Sistema (system) Grupo de partes interactuantes o interdependientes que forma un todo complejo.

Sistema abierto (open system) Sistema del que la materia y la energía entran y salen. La mayoría de los sistemas naturales son de este tipo.

Sistema cerrado (closed system) Sistema independiente en cuanto a la materia; es decir, la materia ni entra ni sale.

Sistema climático (Climate system) Los intercambios de energía y humedad que se producen entre la atmósfera, la hidrosfera, la litosfera, la biosfera y la criosfera.

Soliflucción (solifluction) Flujo lento pendiente abajo de materiales saturados de agua, comunes en las áreas con permafrost.

Solum Los horizontes *O*, *A* y *B* del perfil del suelo. Las raíces vivas y otra vida vegetal y animal están confinadas en gran medida a esta zona.

Sonar (sen) Instrumento que utiliza señales acústicas (energía sónica) para medir las profundidades del agua. Sonar es un acrónimo de *sound navigation ranging* (navegación sónica y medición de distancias).

Stock (stock) Plutón similar a un batolito, pero más pequeño.

Subducción (subduction) Proceso por medio del cual la litosfera oceánica se sumerge en el manto a lo largo de una zona convergente.

Subsuelo (subsoil) Término aplicado al horizonte *B* de un perfil de suelo.

Subsidencia (subsidence) Hundimiento o asentamiento de la superficie debida a causas naturales o antropogénicas.

Sucesión fósil (fossil succession) Los organismos fósiles se suceden unos a otros en un orden definido y determinable, y cualquier periodo temporal puede reconocerse por su contenido fósil.

Suelo (soil) Combinación de materia orgánica y mineral, agua y aire; la parte del regolito que soporta el crecimiento vegetal.

Suelo inmaduro (immature soil) Suelo que carece de horizontes.

Suelo residual (residual soil) Suelo desarrollado directamente a partir de la meteorización del substrato de roca subyacente.

Suelo transportado (transported soil) Suelos que se forman en depósitos no consolidados.

Supercontinente (supercontinent) Gran masa de tierra que contiene todos, o casi todos, los continentes existentes.

Supernova (supernova) Estrecha en explosión que aumenta su brillo muchos millones de veces.

Superposición, ley de la (superposition, law of) En cualquier secuencia no deformada de rocas sedimentarias, cada estrato es más antiguo que el que tiene por encima y más moderno que el inferior.

Surco glaciar (glacial trough) Valle montañoso que ha sido ensanchado, profundizado y enderezado por un glaciar.

Surf Término colectivo para designar los rompientes; también para designar la actividad de las olas en el área comprendida entre la línea de costa y el límite externo de los rompientes.

Sutura (suture) Zona a lo largo de la cual se unen dos fragmentos de la corteza. Por ejemplo, después de una colisión continental, los dos bloques se suturan.

Tabla periódica (periodic table) Ordenación de los elementos en la cual, el número atómico aumenta de izquierda a derecha y los elementos con propiedades similares aparecen en columnas denominadas familias o grupos.

Tabular Describe una morfología como un plutón ígneo que tiene dos dimensiones que son mucho más largas que la tercera. Talud

Talud (talus) Acumulación de derrubios de roca en la base de un acantilado.

Talud continental (continental slope) Cuesta empinada que se dirige hacia el fondo oceánico profundo y marca el borde mar adentro de la plataforma continental.

Taxonomía del suelo (soil taxonomy) Sistema de clasificación del suelo que consiste en seis categorías jerárquicas basadas en características observables del suelo. El sistema reconoce 12 órdenes del suelo.

Tectónica (tectonics) Estudio de los procesos a gran escala que globalmente deforman la corteza terrestre.

Tectónica de placas (plate tectonics) Teoría que propone que la capa externa de la Tierra consiste en placas individuales que interaccionan de varias maneras y, por consiguiente, producen terremotos, volcanes, montañas y la propia corteza.

Tenacidad (tenacity) Describe la firmeza de un mineral o su resistencia a romperse o a deformarse.

Teoría (theory) Opinión comprobada y aceptada en general que explica ciertos hechos observables.

Teoría de la nebulosa primitiva (nebular theory) Modelo para explicar el origen del Sistema Solar que supone la existencia de una nebulosa de polvo y gases en rotación que tras su contracción forma el Sol y los planetas.

Terraza (terrace) Estructura plana en forma de banco producida por una corriente de agua, que quedó elevada conforme la corriente erosionaba en sentido ascendente.

Terraza de kame (kame terrace) Estrecha masa de derrubios estratificados como una terraza, depositados entre un glaciar y la pared del valle adyacente.

Terremoto (earthquake) Vibración de la tierra producida por la liberación rápida de energía.

Terreno (terrane) Bloque de corteza limitado por fallas, cuya historia geológica es distinta de la de los bloques de corteza adyacentes.

Tetraedro silicio-oxígeno (silicon-oxygen tetrahedron) Estructura compuesta de cuatro átomos de oxígeno que rodean a un átomo de silicio que constituye la unidad estructural básica de los silicatos.

Textura (texture) El tamaño, la forma y la distribución de las partículas que colectivamente constituyen una roca.

Textura afanítica (aphanitic texture) Textura de rocas ígneas en la cual los cristales son demasiado pequeños para que los minerales individuales puedan distinguirse sin la ayuda de un microscopio.

Textura clásica (clastic texture) Textura de las rocas sedimentarias que consiste en fragmentos de la roca preexistente.

Textura cristalina (crystalline texture) Véase *textura no clásica*.

Textura fanerítica (phaneritic texture)

Textura de las rocas ígneas en la cual los cristales son aproximadamente iguales en tamaño y lo suficientemente grandes como para que los minerales puedan identificarse sin la ayuda de un microscopio.

Textura foliada (foliated texture) Textura de las rocas metamórficas que proporciona a la roca un aspecto en capas.

Textura fragmentaria (fragmental texture) Véase *textura piroclástica*.

Textura no clásica (nonclastic texture)

Término para designar la textura de las rocas sedimentarias en las cuales los minerales forman un mosaico de cristales interconectados.

Textura pegmatítica (pegmatitic texture)

Textura de rocas ígneas en la que todos los cristales interconectados miden más de un centímetro de diámetro.

Textura piroclástica (pyroclastic texture)

Textura de roca ígnea resultante de la consolidación de fragmentos individuales de roca que son expulsados durante una erupción volcánica violenta.

Textura porfídica (porphyritic texture)

Textura de roca ígnea caracterizada por dos tamaños de cristal claramente diferentes. Los cristales más grandes se denominan fenocristales, mientras que la matriz de cristales más pequeños se denomina pasta.

Textura porfidoblástica (porphyroblastic texture)

Textura de rocas metamórficas en la que granos particularmente grandes (porfidoblastos) están rodeados por una matriz de granos finos de otros minerales.

Textura vesicular (vesicular texture)

Término aplicado a las rocas ígneas afaníticas que contienen muchas pequeñas cavidades denominadas vesículas.

Tiempo de demora (lag time) Tiempo transcurrido entre una tempestad y una inundación.

Till Sedimento no clasificado depositado directamente por un glaciar.

Tillita (tillite) Roca formada cuando el till glaciar se litifica.

Toba soldada (welded tuff) Depósito piroclástico formado por partículas fundidas por la combinación del calor retenido en el depósito en reposo y el peso del material suprayacente.

Tómbolo (tombolo) Barra de arena que conecta una isla con el continente o con otra isla.

Trampa petrolífera (oil trap) Estructura geológica que permite la acumulación de cantidades significativas de petróleo y gas.

Transpiración (transpiration) Liberación de vapor de agua a la atmósfera por parte de las plantas.

Travertino (travertine) Forma de caliza (CaCO_3) que es depositada por manantiales calientes o como un depósito cárstico.

Tren de valles (valley train) Cuerpo relativamente estrecho de terrenos de acarreo estratificados depositados en el suelo de un valle por corrientes de aguanieve que procede de la terminación de un glaciar alpino.

Tsunami Palabra japonesa para designar una ola marina asociada con un terremoto.

Túnel de lava (lava tube) Túnel en la lava endurecida que actúa como un conducto horizontal para la lava que fluye desde la chimenea volcánica. Los túneles de lava permiten que las lavas fluidas avancen largas distancias.

Turbidita (turbidite) Depósito de corriente de turbidez caracterizada por su estratificación gradada.

Unidad de masa atómica (atomic mass unit) Unidad de masa exactamente igual a un doceavo de la masa de un átomo de carbono-12.

Uniformismo (uniformitarianism)

Concepto de que los procesos que han conformado la Tierra en el pasado geológico son esencialmente los mismos que los que actúan en la actualidad.

Vacio sísmico (seismic gap) Segmento de una zona de falla activa que no ha experimentado un gran terremoto durante un intervalo en el que la mayoría del resto de segmentos sí lo ha hecho. Esos segmentos son probables lugares para grandes terremotos en el futuro.

Valle colgado (hanging valley) Valle tributario que entra en un valle glaciar a una considerable altura por encima del suelo del valle.

Valle de rift (rift valley) Valle largo y estrecho limitado por fallas normales. Representa una región en la que se está produciendo divergencia.

Valle fluvial (stream valley) El cauce, el suelo del valle y las paredes en pendiente del valle de una corriente de agua.

Velocidad de escape (escape velocity)

Velocidad inicial que un objeto necesita para escapar de la superficie de un cuerpo celeste.

Velocidad de sedimentación (settling velocity) La velocidad a la cual las partículas caen a través de un líquido

estático. El tamaño, la forma y el peso específico de las partículas influyen en la velocidad de sedimentación.

Ventifacto (ventifact) Canto o guijarro pulido y moldeado por el efecto de chorro de arena del viento.

Vesículas (vesicles) Aperturas esféricas o alargadas en la porción exterior de un torrente de lava que fueron creados por los gases que escapaban.

Vidrio (volcánico) (glass)

(volcanic) Vidrio natural producido cuando la lava fundida se enfría demasiado deprisa como para permitir la recristalización. El vidrio volcánico es un sólido compuesto de átomos desordenados.

Viscosidad (viscosity) Medida de la resistencia al flujo de un fluido.

Vítrea (glassy) Término utilizado para describir la textura de ciertas rocas ígneas, como la obsidiana, que no contiene cristales.

Volátiles (volatiles) Componentes gaseosos del magma disueltos en el fundido. Los volátiles se vaporizarán con facilidad (forman un gas) a las presiones superficiales.

Volcán (volcano) Montaña formada por lava, materiales piroclásticos o ambos.

Volcán en escudo (shield volcano) Gran volcán de pendiente suave construido a partir de lavas basálticas fluidas.

Volcánico (volcanic) Que pertenece a las actividades, estructuras o tipos de rocas de un volcán.

Vulcanismo intraplaca (intraplate

volcanism) Actividad ígnea que se produce en el interior de una placa tectónica lejos de los bordes de placa.

Xenolito (xenolith) Inclusión de roca madre no fundida en un plutón ígneo.

Xerofita (xerophyte) Planta muy tolerante a la sequía.

Yacimiento diseminado (disseminated

deposit) Cualquier depósito mineral de interés económico en el cual el mineral se encuentra en forma de partículas dispersas en la roca, pero en cantidad suficiente como para hacer del depósito un yacimiento.

Yacimiento filoniano (vein deposit)

Mineral que llena una fractura o una falla en una roca encajante. Estos yacimientos tienen una forma tabular o laminar.

Yardang Cresta aerodinámica, esculpida por el viento, con el aspecto de un casco de barco al revés, con una orientación paralela al viento predominante.

Zona de acumulación (zone of

accumulation) Parte de un glaciar caracterizada por la acumulación de nieve y la formación de hielo. El límite

externo de esta zona es el límite de nieves perpetuas.

Zona de Benioff (Benioff zone) Véase *zona de Wadati-Benioff*.

Zona de ablación (zone of wastage)

Parte de un glaciar más allá del límite de nieves perpetuas donde cada año se produce una pérdida neta de hielo.

Zona de fractura (fracture zone) Zona

lineal de topografía irregular en el fondo oceánico profundo que sigue a las fallas transformantes y sus extensiones inactivas.

Zona de fractura (zone of fracture)

Porción superior de un glaciar que consiste en hielo quebradizo.

Zona de humedad del suelo (zone of

soil moisture) Zona en la cual el agua se mantiene como una lámina sobre la superficie de las partículas de suelo y puede ser utilizada por las plantas o

retirada por la evaporación. La subdivisión más alta de la zona no saturada.

Zona de prerribera (offshore) Zona sumergida relativamente plana que se extiende desde la línea de rompiente hasta el borde de la plataforma continental.

Anticlinal (anticline) Pliegue de estratos sedimentarios que recuerda a un arco.

Antracita (anthracite) Forma dura y metamórfica del carbón que se quema limpiamente y produce calor.

Zona de saturación (zone of saturation)

Zona donde todos los espacios abiertos en el sedimento y en la roca están completamente llenos de agua.

Zona de sombra (shadow zone) Zona comprendida entre los 105 y los 140 grados de distancia desde un epicentro sísmico donde no penetran las ondas directas

debido a la refracción por el núcleo de la Tierra.

Zona de subducción (subduction zone)

Zona larga y estrecha donde una placa litosférica desciende por debajo de otra.

Zona de Wadati-Benioff (Wadati-Benioff

zone) Zona estrecha de actividad sísmica inclinada que se extiende desde una fosa en descenso hacia la astenosfera.

Zona no saturada (unsaturated zone)

Área por encima del nivel freático donde los poros del suelo, el sedimento o la roca no están saturados de agua, sino llenos.

Zona de baja velocidad (low-velocity

zone) Subdivisión del manto localizada entre 100 y 250 kilómetros y discernible por un notable descenso de la velocidad de las ondas sísmicas. Esta zona no circunda toda la Tierra.

ÍNDICE ANALÍTICO

A

- Abanico
 - aluvial, 254, 481, 518, 609
 - submarino, 413
- Ablación, 573
- Abrasión, 502, 575, 616, 634
- Acanaladuras, 496
- Acantilado litoral, 638
- Acantilados Blancos (White Chalk Cliffs), 242, 716
- Acción de las corrientes de agua, 502-505
- Ácido carbónico, 556
- Acontecimiento de Tunguska, 811
- Acreción, 25 448, 449, 712, 717-719, 722, 783, 791
- Actividad biológica, 207-208
- Actividad ígnea intrusiva, 149-154
 - cuerpos masivos, 152-154
 - cuerpos tabulares, 151-152
 - naturaleza de los cuerpos, 150
- Acuicluido, 539
- Acuífero, 539
 - confinado, 548
- Adams, Frank D., 7
- Aerosoles, 676
- Afloramientos, 339
- Afluyente yazoo, 518
- Agassiz, Louis, 592
- Ágata, 243, 244
- Agencia de Protección Ambiental, 99
- Agentes metamórficos, 264-269
 - calor, 265-266
 - fluidos químicamente activos, 268
 - presión, 267-268
 - protolito, 268-269
- Agua dulce de la hidrosfera, 533
- Aguas subterráneas
 - definición, 535
 - distribución de, 534-535
 - fuentes, 542
 - fuentes termales, 544-546
 - géiseres, 544-546
 - importancia de, 532-533
 - nivel freático y, 535-538
 - pozos, 546-548
 - pozos artesianos, 548-549
 - recurso básico, como, 533-534
 - trabajo geológico de, 555-560
- Ahlgren, Andrew, 15
- Aire limpio y seco, 675
- Airy, George, 460
- Ajuste isostático, 458
- Alimentación de playa, 646
- Almacenaje de agua subterránea, 538-539
 - permeabilidad y, 538
 - porosidad y, 538
- Aluvión, 505
- Ambiente(s)
 - continental, 251
 - de deposición. Véase Ambiente sedimentario
 - de transición, 254
 - deposicionales marinos, 254
 - marino poco profundo, 254
- Ambiente metamórfico, 277-282
 - áreas de impacto como, 282, 283
 - contacto o termal, 277-278
 - enterramiento, 280
 - hidrotermal, 278-280
 - interpretación, 285-288
 - regional, 280
 - zona de falla, 280-282
 - zona de subducción, 280
- Ambiente sedimentario, 251-255
 - definición, 251
 - facies como descripción de, 254-255
 - tipos de, 251-254
- Aminoácidos, 726
- Análisis del isótopo de oxígeno, 671-672
- Andalucita, 287
- Anders, Bill, 17
- Andesita, 139
- Anfibios, 711, 728, 732
- Anfíboles, 114
- Anfibolita, 276, 285
- Angiospermas, 737
- Ángulo de reposo, 468
- Angulosidad, 237
- Anillo de Fuego, 187, 415
- Anillos del árbol, 672-673
- Aniones, 96
- Anomalía de gravedad negativa, 397
- Anticlinal, 327, 328
- Antracita, 246, 274
- Apatito, 773
- Apatosaurus, 736
- Apollo, 815
- Arco(s)
 - de islas o insular, 66, 188, 440
 - de islas volcánicas, 33, 66, 188, 440, 442
 - de las Aleutianas, 440, 441
 - litoral, 639
 - volcánicos continentales, 65, 188, 440
- Arcosa, 238
- Archaeopteryx, 737
- Arenas asfálticas, 753-756
 - de Athabasca, 754
- Arenisca, 35, 236-239
 - Navajo, 238, 338
- Árido, 765, 774
- Arista, 579-580
- Aristóteles, 7
- Arqueología, 304
- Arranque, 502, 575
- Arrastre, 633
- Arrecifes, 241-242, 249
 - de barrera, 417
 - de carbonato, 241-242
 - de coral, 249, 417, 674
- Artesiano, definición, 548
- Asbesto, 99
- Asimilación, 145-146
- Astenosfera, 28, 58, 388
- Asteroides, 810-812
- Atmósfera, 19
- Atolón Tetiaroa, 417
- Atolones, 417
 - de coral, 417
- Átomos, 89-93
 - definición, 89
- Augita, 112, 114

- Aureola, 277
 Avalancha de rocas, 476-477
 Avenidas, 523-524
 Aviso de huracanes, 659
 Azufre, 775
- B**
- Bacon, Francis, 59
 Bagnols, R. A., 618
 Bajada, 610
 Balance glaciar, 572-574
 definición, 573
 Groenlandia, 574, 575
 Bandeo gnéísico, 270
 Barjanes, 619
 Barra, 254, 515
 de bahía, 640
 de meandro, 506
 Basaltos, 27, 34, 139
 almohadillados, 422
 de inundación, 184
 Batimetría, 408
 Batolitos, 152-153, 444
 Bauxita, 771
 Benson, Sally, 764
 Berma, 630
 Big Sur, 18
 Bingham Canyon Mine, Utah, 766
 Biomasa, 750
 Bioquímico, 240
 Biosfera, 19
 Biotita, 112, 114
 Birrefringencia, 106
Birth and Development of the Geological Sciences, The (Adams), 7
 Bloque de techo, 333
 Bloques erráticos glaciares, 582
 Bordos de fallas transformantes, 62, 68-69
 Bordos constructivos. Véase Bordos divergentes
 Bordos convergentes, 64-68
 continental-continental, 66-67
 definición, 62
 oceánico continental, 65
 oceánico-oceánico, 65-66
 Bordos convergentes de placa volcános y, 188, 190
 Bordos de placa de tipo andino, 442
 formación de montañas a lo largo, 442-446
 Bordos destructivos. Véase Bordos convergentes
 Bordos divergentes, 62-64
 definición, 62
 dorsales oceánicas y, 62-63
 fragmentación continental, 63
 volcanes y, 188, 191
 Bordos pasivos. Véase Bordos de falla transformante
- Bosque tropical, 222
 Bowen, N. L., 143-144, 148
 Brecha, 239
 de falla, 280
 volcánica, 140
 Brillo, 102
 Bronowski, Jacob, 15
 Bullard, Edward, 47
 Bureau of Labor Statistics, 8
 Buzamiento, 340-341
- C**
- Cabalgamiento, 335
 Cabecera, 500
 Cabellera o coma, 812
 Cabellos de Pelé, 132
 Cabeza, 500
 Cadena Islas Hawái-Monte Submarino Emperador, 72
 Caída (tipo de movimiento), 474
 Caldera Long Valley, 183
 Calderas, 181-184
 de brea en La Brea, 303
 de colapso, 181
 de hundimiento, 182
 de tipo Crater Lake, 181
 de tipo hawaiano, 181
 de tipo Yellowstone, 182, 183
 Calentamiento global, 696-702
 acidez oceánica, en aumento, 701
 ártico, cambios, 698-701
 elevación del nivel del mar, 696-698
 Calisto, 802
 Caliza, 36, 87, 240-243
 arrecifes de carbonato, 241-242
 coquina y creta, 242
 inorgánica, 242-243
 oolítica, 243
 Calor radiogénico, 392
 Cambio climático, causas del, 681-691
 actividad volcánica, 681-684
 aerosol, 694-696
 atmosféricas, 675-681, 688-689
 calentamiento global, 696-702
 geológicas, 688
 impacto humano, 686-688
 naturales, 681-686
 niveles de dióxido de carbono, 688
 oligogases, 691-693
 variabilidad solar, 684-686
 Cambio climático, detección, 669-675
 análisis de los isótopos del oxígeno, 671-672
 anillos de los árboles y, 672-673
 arrecifes de coral y, 674
 datos históricos y, 675
 polen fósil y, 673
 registro del hielo glaciar, 672
 Cambio de fase, 100
 mineral, 383
- Campo magnético terrestre, 52, 399-402
 geodinamo y, 399
 inversiones magnéticas y, 400-402
 medición de, 399
 Canalización, 526
 Canchal, 205
 Cañón del río Salt, 151
 Caolinita, 114
 Capa
 D'', 28, 389
 líquida, 28
 superficial del suelo, 220
 Capacidad, 504
 Capas, 35, 255
 de base, 515, 516
 de roca concordantes, 296
 duras del suelo, 220
 principales, 89
 Capas terrestres, 384-391
 corteza, 385-388
 manto, 388-389
 núcleo, 389-391
 Captadores solares activos, 758
 Captura, 521
 Cara de deslizamiento, 617
 Carbón, 245, 246, 750-751
 Carbonización, 304
 Carbono fijado, 246
 Carbono-14, 309
 Carga
 de fondo, 503, 504, 612-613
 disuelta, 503
 eléctrica, 89
 suspendida, 503, 613
 Caronte, 787, 817
 Catastrofismo, 7
 Cationes, 96
 Cauce de un río, 505-508
 aluvial, 506-508
 lecho de roca, 505
 Cauces
 aluviales, 506-508
 anastomosados, 507-508
 meandriformes, 506
 Cefalópodos, 730
 Celdas unidad o unitarias, 98
 Cementación, 35, 248
 Centro de expansión, 62
 Chamberlain, R. T., 50
 Channeled Scablands, 591
 Charnela, 327
 Chief Mountain, 335, 336
Chikyu, 72, 671
 Chimenea, 169, 185
 litoral, 639
 Cianobacteria, 714
 Ciclo de las rocas, 22, 38-39
 formación de rocas sedimentarias y, 234
 Ciclo de supercontinentes, 720
 Ciclo del carbono, 22

- Ciclo hidrológico, 22, 494-496
 Ciclo mareal mensual, 657
 Ciénaga, 517
 Cinturón
 Alpino-Himalaya, 360
 circum-Pacífico, 359
 de humedad del suelo, 535
 de Kuiper, 814
 Cinturón orogénico o montañoso
 colisional, 448-454
 colisiones continentales, 448-454
 Himalaya, 450-452
 Montes Apalaches, 452-454
 terranes (terrenos acrecionados) y
 formación de las montañas, 448-
 449
 Cinturones
 de pliegues y cabalgamientos, 449
 montañosos, 32
 Circo glaciar, 578
 Circulación del agua subterránea, 539-
 542
 escalas de, 542
 ley de Darcy y, 540
 sequías y, 541-542
 Cizalla, 321
 Clases de minerales, 107
 Clasificación de las costas, 654-656
 Clastos, 234
 Clima Cretácico, 687
 Climas áridos, procesos geológicos en,
 605-609
 agua, papel del, 607-609
 meteorización, 607
 Colada(s)
 de barro, 480
 aa, 165
 almohadilladas, 166
 de bloques, 166
 piroclásticas, 178
 Coladas de lava, 165-166
 aa, 165
 cordada pahoehoe, 165
 Colapso gravitacional, 458
 Color, 102
 de la raya, 102
 Columnas de erupción, 164
 Collado, 578
 Collier, Michael, 4, 326
 Combustible fósil, 749-756
 arenas asfálticas y bituminosas, 753-
 756
 carbón, 750-751
 petróleo y gas natural, 751-753
 Cometa, 812-814
 Halley, 814
 Comité Internacional sobre Estratigrafía
 (ICS), 312
 Compactación, 35, 248
 Complejo
 de diques en capas, 422
 ofiolítico, 422
 Composición, 238
 andesítica, 129, 130, 139, 149
 basáltica, 128
 granítica, 128-129
 intermedia, 129
 Composiciones félsicas, 128-129
 Composiciones ígneas, 128-130
 contenido de sílice, 129-130
 graníticas frente a basálticas, 128-129
 otros grupos de, 129
 Compuestos
 iónicos, 90
 químicos, 90
 Conceptos atmosféricos básicos, 675-681
 composición, 675-676
 efecto invernadero, 679-681
 energía procedente del Sol, 678-679
 extensión y estructura de, 677-679
 Concordante (intrusión), 150-151
 Condrita carbonácea, 726, 738, 815
 Conducción, 393
 Conductividad hidráulica, 540
 Conducto volcánico, 169
 Conglomerado, 239-240
 Cono
 de depresión, 547
 parásito, 170
 Conos
 compuestos, 175-181
 de cenizas, 173-175
 de escoria, 173-175
 Constancia de los ángulos interfaciales,
 Ley de la (Ley de Steno), 98
 Contaminación
 del agua subterránea, 553-555
 aire, 750
 salina y agua subterránea, 551, 553
 Continentes, 32-33
 Control de inundación, 526-527
 Convección, 76-77, 392-393
 de todo el manto, 79
 Convección placa-manto, 76-79
 modelos de, 78-79
 Convergencia
 continental-continental, 66-68
 oceánica-continental, 65
 oceánico-oceánica, 65
 y subducción de placas, 440-441
 Coquina, 242
 Cordillera norteamericana, 448-449
 Corneana, 277
 Corriente antecedente, 519
 Corriente de agua, 496-498
 cuencas de drenaje, 496-497
 erosión de río y, 502-503
 sistemas fluviales, 497-498
 transporte de sedimentos por, 503-505
 Corriente en equilibrio, 509
 Corriente influyente, 538
 Corriente litoral, 638
 Corriente sobreimpuesta, 519
 Corrientes de agua efímeras, 607-609
 Corrientes de resaca, 638
 Corrosión, 502
 Corteza, 27, 385
 Corteza continental, 386
 Corteza oceánica, 385, 421-423
 formación de, 422-423
 interacciones del agua marina con,
 423
 Corteza terrestre, 385-388
 Costa, 629
 de emersión, 655
 de inmersión, 655
 Cráter, 169
 Lake, 176
 Meteor, 283, 811, 816
 Cráteres de impacto, 788, 789
 Cratones, 33, 718
 Crecimiento de cristales salinos, 204
 Creta, 242
 Criovulcanismo, 809
 Cristal, 94-98
 estructuras, 96-98
 formación de minerales y, 88, 94-96
 Cristalino, 95
 Cristalización, 38, 94-96, 127
 Cronos, 56
 Cuarzita, 277
 Cuarzo, 87, 88, 112, 113
 Cuarzoarenita, 238
 Cuenca, 330
 Cuenca de drenaje, 496-497
 del alto Mississippi, 588-589
 Cuenca de retroarco, 441
 Cuenca Michigan, 331
 Cuencas de antearco, 446
 Cuencas oceánicas profundas, 33, 414-
 416
 fosas submarinas, 414
 guyots, 416
 llanuras abisales, 415-416
 mesetas oceánicas, 416
 montes submarinos, 416
 Cuevas, 555-557
 Cuña de hielo, 204
- D**
- Daeschler, Ted, 734
 Darcy, Henry, 540
 Darwin, Charles, 59, 417
 Datación con carbono radiactivo, 309
 Datación radiométrica, 307, 308-310
 fuentes de error en, 309
 importancia de, 310
 isótopos empleados en, 308
 potasio-argón y, 308-309
 Datación relativa, 10, 294, 298-299, 302
 Datos indirectos, 669
 DeBari, Susan, 411

- Deep-Sea Drilling Project, 70
 Deflación, 614
 Deformación, 321-322
 de la roca, 322-325
 dúctil, 322
 elástica, 322
 frágil, 322-323
 Deformación dúctil, 323
 estructuras formadas por, 325-331
 Delta, 254, 515-516
 Delta del Mississippi, 516-517
 zonas húmedas costeras en, 520
 Delta en pata de pájaro, 517
 Delta mareal, 660
 Densidad, 106
 Deposición de sedimentos, 505
 Depósitos
 de arena, 617-618
 de contacto con el hielo, 587
 de evaporitas, 244
 de loess, 620-621
 Depósitos de placeres. *Véase* Yacimientos de placeres
 Depósitos diseminados. *Véase* Yacimientos diseminados
 Depósitos eólicos, 616-621
 de arena y, 617-618
 de loess y, 620-621
 dunas de arena y, 618-621
 Depósitos filonianos. *Véase* Yacimientos filonianos
 Depósitos glaciares, 581-586
 drumlin, 584-586
 morrena, 582-584
 till, 581
 Depresión de deflación, 614
 Deriva continental, 17, 46-50
 climas antiguos como evidencia, 49
 fósiles como evidencia de, 47-48
 líneas de costa como evidencia de, 47
 método científico y, 51
 paleomagnetismo y, 51-54
 rechazo de la hipótesis, 51
 tipos de roca como evidencia de, 49
 Deriva litoral o de playa, 636
 Deriva polar, 52-53, 54
 Derrubios estratificados, 586-587
 Desastre de la presa de Vaiont, 476
 Descarga de un río, 501
 Descenso de nivel, 547
 Descompresión, 205
 Desembocadura, 500
 Desencadenante, 468
 Desgasificación, 714
 Desierto(s)
 basin and range, 609-611
 de latitudes bajas, 602-603
 de latitudes medias, 603-605
 de sombra pluviométrica, 604
 del Gobi, 603
 depósitos, 616-618
 erosión eólica, 613-616
 transporte de sedimentos por el viento, 611-613
 Desintegración radiactiva, 94
 Deslizamiento, 475
 basal, 571
 Blackhawk, 477
 de rocas, 479-480
 rotacional, 477-479
 Desmembramiento glaciar, 573
 Desplazamiento de falla, 351
 Devil's Tower National Monument, 339
 Diaclasas, 332, 338-339
 columnares, 152, 328, 339
 Diagénesis, 246
 Diagramas de puntos, 91
 Diamantes, 768
 Diatrema, 185
 Dietz, Robert, 59
 Diferenciación magmática, 144
 Diorita, 139
 Dióxido de carbono, elevación de los niveles del, 688
 Dique(s), 151-152, 644-646
 artificiales, 526
 natural, 517
 para control de inundación, 526
 Dirección, 340-341
 Discontinuidad, 148
 Discordancia angular, 297-298, 299
 Discordante (intrusión), 150-151
 Disolución, 208-209
 hidrotermal, 278, 768
 Distribuidores, 516
 Divisorias, 496-497
 Dolina, 532, 557
 Dolomía, 243
 Dolomita, 243
 Dolomización, 243
 Domos, 330-331
 de exfoliación, 205
 de lava, 184-185
 Donnellan, Andrea, 351
 Dorsal de Juan de Fuca, 69
 Dorsal oceánica, 34, 62-63, 416
 anatomía de, 416-418
 expansión del fondo oceánico y, 418-421
 Drenaje
 ácido de mina, 211, 212
 dendrítico, 518-519
 interior, 609
 Drumlin, 584-586
 Du Toit, Alexander, 51
 Dunas, 238, 618-621
 barjanoides, 620
 en estrella, 620
 longitudinales, 620
 parabólicas, 620
 transversales, 619
 Dureza, 103-104
 Dureza de las rocas, 324-325
 presión de confinamiento y, 324
 temperatura y, 324
 tiempo y, 325
 tipo de roca y, 324
 Dust Bowl, 225, 614
- ## E
- Ecosonda, 408
 Efecto invernadero, 679-681
 Efluente, 536
 Eisinger, Chris, 189
 Eismitte, 51
 El Chichón, 682
 El Hombre Viejo de la Montaña, 206
 «El jardín de los melocotoneros de los inmortales» (pintura), 559
 Electrones, 89, 306
 de valencia, 89
 Elementos, 89
 tabla periódica de los, 90
 traza, 100
 Eliminación de vegetación y procesos gravitacionales, 469-472
 Elipsoide oblato, 396
 Energía eólica, 759-761
 mejores estados para, 761
 Energía geotérmica, 761-763
 Energía hidroeléctrica, 761
 Energía mareal, 764-765
 Energía nuclear, 756-758
 uranio y, 757
 Energía solar, 758-759
 Enjambres de diques, 151
 Enlace(s)
 covalentes, 91, 92
 iónico, 91-92
 metálicos, 91, 93
 químico, 91, 93
 Enriquecimiento secundario, 771
 Eón, 310, 311
 Arcaico, 312
 Fanerozoico, 310, 721-726
 Proterozoico, 312
 Epicentro, 346, 347, 355, 356
 Época, 312
 Pleistocena, 593
 Era, 310, 311
 Cenozoica, 311, 737-741
 Mesozoica, 310, 735-737
 Era Paleozoica, 310, 730-735
 extinción del Pérmico, 733-735
 formas de vida, 730-731
 pez de aletas lobuladas, 732
 Erosión, 202, 502-503
 de las líneas de costa, 638
 sedimentación/contaminación química y, 225
 velocidad de, 224-225

- Erosión eólica, 613-616
 deflación y depresiones de deflación, 614
 pavimento desértico, 614-616
 ventifactos y yardangs, 616
- Erosión fluvial, 502-503
- Erosión glaciar, 574-576
- Erosión laminar, 224
- Erosión remontante, 521
- Erupciones fisurales, 184
- Erupciones volcánicas, 161-164
 anatomía de, 162
 materiales expulsados durante, 165-169
 papel de los volátiles en, 164
 supervisión, 195
 tectónica de placas y, 186-193
- Escala
 de huracanes Saffir-Simpson, 652, 653
 de intensidad modificada de Mercalli, 356-357
 de Mohs, 104
 de Richter, 357-359
- Escala de tiempo geológico, 10-12, 310-313, 711
 correlación de las capas rocosas, 299-300
 datación relativa y, 10-11, 294-299
 dificultades de datación, 313-314
 estructura de, 310
 fósiles como evidencia de, 11, 300-306
 magnitud de, 10
 Precámbrico y, 312-313
 radiactividad y, 306-310
- Escala de tiempo magnético, 56
- Escalas
 de intensidad, 356-357
 de magnitud, 357-359
- Escarpe(s)
 de falla, 333
 lobulados, 794
- Escenario «Ricitos de oro», 710
- Escorias, 168, 169
- Escorrentía, 495
- Escudos, 33
- Esfericidad, 237
- Esfuerzo, 321-322
 compresivo, 321
 diferencial, 267, 321, 322
 tensional, 321
- Esker, 585, 587
- Eskola, Pennti, 285
- Espacio de poros, 236
- Especialistas en geología, 8
- Especies minerales, 107
- Espectrómetro de rayos X, partículas alfa y fotones, 804
- Espejos de falla, 333
- Espeleotema, 556
- Espigón, 644
- Espinela, 383
- Espolón truncado, 578
- Esquisto, 37, 274-275
 de Vishnu, 37
- Esquistosidad, 271
- Estabilización firme de costas, 643-646
- Estalactitas, 240, 557
- Estalagmitas, 557
- Estepas, 602
- Estrangulamientos, 507
- Estratificación
 a 660 kilómetros, 78
 cruzada, 256, 617
- Estratos, 255
 gradados, 256
- Estromatolitos, 729
- Estructura(s)
 atómica, 306
 cristalinas, 96-98
 deformación dúctil, 325-331
 sedimentarias, 255-258
 tectónicas, 320, 325
- Estructuras de la línea de costa, 638
 deposicional, 639-640
 en evolución, 640
 erosional, 638
- Estructuras deposicionales, 515-518
 abanicos aluviales, 518
 delta del Mississippi, 516-517
 deltas, 515-516
 diques naturales, 517, 518
- Estructuras rocosas o tectónicas, 320, 325
 cartografiado, 339-341
 denominación, 340
- Estructuras tridimensionales terrestres, 396-402
 campo magnético y, 399-402
 gravedad y, 396-397
 tomografía sísmica y, 397
- Estructuras volcánicas, 169-186
 vivir con, 193-195
- Estuarios, 655
- Etna, monte, 6
- Eucariotas, 729
- Europa, 802, 803
- Evaporitas, 244-245
- Evapotranspiración, 495
- Everest, George, 460
- Exfoliación, 104, 105
- Expansión del fondo oceánico, 55-58, 420
 dorsales oceánicas y, 62-63
 Harry Hess y, 55-56
 inversión magnética y, 56-58
- Expansión térmica, 207
- Explosión Cámbrica, 727, 728, 730
- Extinción
 de los grandes mamíferos, 740-741
 masa, 683, 710, 733
 Pérmico, 733-735
 Pleistoceno tardío, 741
- F**
- Facies, 254-255
 de esquistos azules, 285, 286
 metamórficas, 285
- Falla(s), 232, 233, 346, 348
 con desplazamiento vertical, 333-336
 de despegue, 335
 de desplazamiento horizontal, 336-338, 349, 350
 de San Andrés, 372-373
 inversas, 335, 349, 350
 Lewis Overthrust, 336
 normales, 333-335, 349, 350
 transformante, 337, 350
- Faro del cabo Hatteras
 reubicación, 648
- Fecha numérica, 295
- Fenocristales, 132
- Ferromagnesianos, 114-115, 128
- Fertilizantes, 775
- Fetch, 631
- Filita, 274
- Finger Lakes (Nueva York), 589, 590
- Fiordo, 578
- Física de los minerales, 386
- Fisibilidad. Véase Fisilidad
- Fisilidad, 236
- Fisión nuclear, 756
- Fisuras, 184
- Flancos, 327
- Flechas, 254, 640
- Fluidos químicamente activos, 265, 268
- Flujo, 475
- Flujo de corriente, 498-502
 cambios río abajo y, 500-502
 deposición de sedimentos por, 505
 descarga de, 500, 501
 gradiente y, 499
 transporte de sedimentos por, 503-505
 velocidad de flujo y, 498
- Flujo de derrubios, 480-483
 masivo de La Conchita, 470-471
- Flujo de tierra, 484
- Flujo laminar, 496, 498
- Flujo plástico, 570
- Flujo turbulento, 498
- Foco, 346, 347
- Foliación, 269, 270
- Fondo oceánico
 cartografiado, 408-410
 provincias de, 410
 vista, desde el espacio, 410
- Forma cristalina, 103
- Formación de montañas, 438-440
 subducción y, 441-447
- Formación de petróleo, 751
- Formación Green River, 755
- Formaciones de hierro bandeado, 715
- Formas creadas por la erosión glaciar, 576-581

- aristas, 579-580
 - horns, 579-580
 - roca aborregada, 580
 - valles, 577, 578
 - valles glaciares, 577-578
 - Fosa(s)
 - Izu Bonin, 411
 - submarinas, 33, 64, 414, 440-441
 - tectónica asimétrica, 335
 - Fósil índice o guía, 305
 - Fósiles, 11, 257, 300
 - condiciones de conservación, 304
 - correlación y, 304
 - Glossopteris, 48
 - Mesosaurus, 48
 - tipos de, 300-304
 - Fractura, 105, 106
 - concoidea, 105, 106
 - Franja capilar, 535
 - Frente(s)
 - de playa, 630
 - de onda, 383
 - Fuentes de energía alternativas, 756-765
 - energía mareal, 764-765
 - eólica, 759-761
 - geotérmica, 761-763
 - hidroeléctricas, 761
 - nucleares, 756-758
 - solares, 758-759
 - Fuentes o manantiales, 542
 - Fuentes termales, 544-546
 - Mammoth, 545, 547
 - Fuerza
 - de arrastre de la placa, 77
 - de empuje de dorsal, 77
 - Fujiyama, 176
 - Fumarola, 170
 - negra, 423, 424
 - Fundido, 126
 - Fusión parcial, 65, 146. *Véase también*
 - Fusión por descompresión
- G**
- Gabro, 139
 - Galaxia Vía Láctea, 21
 - Garganta, 519
 - Gas natural, 751-753
 - Gases invernadero, 22
 - Gases. *Véase* Volátiles
 - Géiseres, 544-546
 - Geoda, 95
 - Geodinamo, 399
 - Geología
 - ciencia de, 4
 - definición, 4
 - estudios de, 5
 - física, 4
 - histórica, 4
 - notas históricas sobre, 7-10
 - oportunidades laborales en, 8
 - problemas ambientales y, 5-7
 - Geología estructural, 320
 - cartografía, 339-341
 - Geología planetaria, 792-810
 - atmósferas de, 785-787
 - datos planetarios, 783
 - estructuras internas de, 783-785
 - Júpiter, 800-803
 - Marte, 797-800
 - Mercurio, 792-794
 - meteorología, 788
 - órbitas de, 782
 - Saturno, 804-807
 - Urano y Neptuno, 807-810
 - Venus, 794-797
 - Geosfera, 20
 - Geoterma. *Véase* Gradiente geotérmico
 - Gilbert, G. K., 153
 - Giotto, 814
 - Glaciar
 - de casquete, 567-568
 - de desbordamiento, 568
 - de meseta, 568
 - de piedemonte, 569
 - de Rhône, 16
 - Hubbard, 574
 - Lambert, 14
 - Malaspina, 569
 - Suiza, 16
 - Taku, 567
 - Variogated, 572
 - Glaciares
 - alpinos, 566-567
 - causas de, 593-596
 - de valle, 566
 - definición, 566
 - derrubios, 581
 - edad de hielo y, 592
 - formación de, 570
 - movimiento de, 16, 570-572
 - Glaciares, efectos de, 587-592
 - cambios en nivel del mar, 588
 - cambios en valles y ríos, 588-590
 - creación de lagos proglaciares, 590
 - lagos pluviales, 590, 592
 - subsistencia de la corteza y reajuste, 587
 - Glomar Challenger, 71
 - Glossopteris, 48
 - Gneis, 37, 275, 769
 - Gondwana, 720, 722
 - Gore, 685
 - Graben o fosa tectónica, 334-335
 - Gradiente, 499
 - geotérmico, 140, 265, 394
 - hidráulico, 540
 - Gran Barrera de Arrecifes, 241
 - Gran Cañón, 11, 37, 236, 237, 239, 294-297, 298, 301, 324, 340, 467, 504
 - Gran Punto Oscuro, 788
 - Gran Valle, 446-447
 - Granate, 115, 117
 - Granito, 27, 34, 134-135
 - Granodiorita, 27
 - Grauvaca, 239
 - Gravedad, 396-397
 - específica, 106
 - mareas y, 656
 - planetas en capas y, 382
 - procesos gravitacionales y, 466-468
 - Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE), 575
 - Grieta, 571
 - de desecación, 255, 257
 - Grupo del feldespato, 113
 - Gusanos tubícolas, 424
 - Gutenberg, Beno, 389
 - Guyots, 173, 416
- H**
- Hábito, 103
 - Hallazgos (meteoritos), 815
 - Harina
 - de falla, 281
 - de roca, 575
 - Hayabusa, 812
 - Hess, Harry, 55, 56, 59, 420
 - Hidrato
 - de gas, 755
 - de metano, 755
 - Hidrólisis, 212
 - Hidrosfera, 18
 - Hielo del mar Ártico, 699
 - Himalaya, 450-452
 - Hipocentro, 346
 - Hipótesis, 12
 - Historia Precámbrica, 312-313, 716-721
 - HMS Challenger, 408
 - Hogback, 331
 - Holmes, Arthur, 51, 59
 - Horizontalidad original, principio de, 296
 - Horizontes, 219
 - Horn, 579-580
 - Hornblenda, 112, 114
 - Horst, 334
 - Huella de punto caliente, 72
 - Humus, 216
 - Huracán
 - Camille, 654
 - Floyd, 654
 - Ike, 650
 - Katrina, 650
 - Huracanes, 649-654
 - denominación de, 649
 - destrucción causada por, 652-654
 - más letales, 651
 - perfil de, 651
 - predicción, 659-660
 - Hutton, James, 9, 293, 297

I

Iceberg, 573-574
 Impactos planetarios, 788
 Inclusiones, 296
 Inconformidad, 298
 Inercia, 352
 Infiltración, 494
 Inselberg, 611
 Integrated Ocean Drilling Program (IODP), 72, 671
 Intensidad, 356
 Interfase, 22, 216, 628
 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 685, 688-689, 693
 Interior terrestre, ondas sísmicas y, 383-384
 Intersección, principio de, 296
 Intrusiones, 150
 Inundaciones, 521-527
 control de, 526-527
 definición, 521
 por obstrucción de hielo, 524
 por ruptura de una presa, 524
 regionales, 523
 tipos de, 523-526
 Inversión magnética, 56-58
 Investigación científica, fundamentos para, 12-17
 tectónica de placas y, 15
 Isla Santorini, 179
 Islas barrera, 254, 640
 Isostasia, 458
 Isótopos, 94
 Istmo, 640, 658

J

Jaspe, 243, 244
 JOIDES Resolution, 72, 73
 Júpiter, 800-803
 anillos de, 803
 lunas de, 802-803

K

Kame, 587
 Kilauea, Hawái, 172-173
 Klippe, 335

L

Lacolitos, 153
 Lago(s)
 de lava, 266
 de media luna, 507, 508
 en rosario, 578
 Great Salt, 94
 Missoula, 591
 pequeño de montaña (tarn), 578
 pluviales, 590, 592
 proglaciares, 590
 Lágrimas de Pelé, 132

Lagunas, 253
 Lahar, 180, 481-483
 Lajamiento, 205-207
 Lámina(s), 236
 delgada, 137
 Laterita, 222
 Lava, 126
 cordada, 165
 Leibniz, Gottfried W., 59
 Ley
 científica, 15
 de Darcy, 540
 de la superposición, 11
 de Steno, 98
 Libby, Willard F., 310
 Licuefacción, 362, 473
 Límite
 Cretácico-Terciario (KT), 738
 de nieves perpetuas, 570
 núcleo-manto, 389
 Límites constructivos. Véase Bordes convergentes
 Límites convergentes. Véase Bordes convergentes
 Límites de fallas transformantes. Véase Bordes de fallas transformantes
 Límites de placas. Véase Bordes de placas
 Límites de placas de tipo andino. Véase Bordes de placa de tipo andino
 Límites destructivos. Véase Bordes destructivos
 Límites divergentes. Véase Bordes divergentes
 Límites pasivos. Véase Bordes pasivos
 Línea litoral, 628-656
 Líneas de costa, 629, 647-649
 costa del Pacífico, 647-649
 costas atlántica y del Golfo, 647
 estabilización alternativa, 642-647
 estabilización firme, 643-646
 Litificación, 38, 248
 Litificado, 35
 Litoral, 629
 Litosfera, 28, 58, 388
 oceánica, subducción de placas y, 430-432
 Lixiviación, 218, 220
 Llanura(s)
 abisales, 33, 415-416
 aluvial, 586-587
 de Columbia, 184
 de inundación, 254, 513
 de lava, 33
 mareal, 254, 658, 660
 salinas de Bonneville, 245
 Lluvia(s)
 ácida, 210-211
 de meteoritos de las Perseidas, 815
 Longitud de onda, 631
 Luna, 790-792

formación de, 790
 Lutita(s), 35, 235-236
 bituminosas, 755-756
 de Burgess, 727
 Lyell, Charles, 293

M

Máfica, 130
 Magma(s), 34, 126-127
 andesíticos, formación de, 147-149
 basáltico, formación del, 147
 composición de, 163
 cristalización de, 127
 evolución de, 143-146
 fusión parcial y, 146-149
 naturaleza de, 126
 origen de, 140-142
 Magnetismo remanente, 52
 Magnetita, 52
 Magnetómetro, 56
 Magnitud, 356
 del momento (Mw), 359
 Malecón, 643
 Manchas solares, 684-686
 sequía y, 686
 temperatura y, 684
 Mann, Michael, 685
 Manto, 28, 388
 inferior, 28, 388
 litosférico, 388
 superior, 28, 388
 Mar
 de Aral, 606-607
 Muerto, 94
 Rojo, 425
 Marea(s), 656-661
 causas de, 656-657
 ciclo mareal mensual, 657
 corrientes mareales, 658-660
 definición, 656
 modelos mareales, 658
 muerta, 657
 rotación de la Tierra y, 661
 vivas, 657
 Márgenes continentales, 33, 410-414
 activos, 414
 pasivos, 410, 412-413
 Maria, 790
 Mariner 10, 794
 Marino profundo, 254
 Marmita de gigante, 502
 Mármol, 37, 276
 Mars Pathfinder, 804
 Marte, 797-800
 Martha's Vineyard, 629, 640
 Masiva (intrusión), 151
 Material(es)
 de construcción, 774
 piroclásticos, 167-168
 progenitor, 217

- Matthews, D. H., 56, 59
 Mauna Loa, 171
 McKinley, William, 438
 Meandro(s), 506
 encajado, 513, 514
 Mecanismo
 de realimentación, 21
 de realimentación negativa, 21, 693
 de retroalimentación del clima, 693-694
 de retroalimentación positiva, 21, 693
 Mena, 765
 Menard, H. W., 59
 Mercalli, Giuseppe, 356
 Mercurio, 792-794
 Meseta oceánica, 414, 416
Mesosaurus, 48
Messenger, 793
 Metamorfismo
 de contacto, 36, 266, 277-278
 de enterramiento, 280
 de impacto, 282, 283
 de impacto o de choque, 282, 283
 de zona de subducción, 280
 hidrotermal, 36, 278, 423
 regional, 37, 280
 térmico, 36, 277-278
 Metasomatismo, 268
 Meteoritos, 25, 282, 815
 Meteorización, 38
 definición, 202
 diferencial, 215
 esferoidal, 213-214
 mecánica, 203
 productos de, 213
 química, 203
 tipos de, 203-214
 velocidades de, 214-215
 Meteoros, 814, 815
 Método científico, 15
 Mezcla de magmas, 145
 Microcontinente, 448
 Microplacas, 59
 Microscopio de polarización, 137
 Migmatita, 284
 Milankovitch, Milutin, 594-595
 Milonitas, 282
 Mineral índice, 284
 Minerales, 86-88
 arcillosos, 114
 características de, 86-87
 clases de, 107
 definición, 34, 86
 denominación y clasificación, 107-108
 fabricar vidrio de, 88
 no silicatados, 116-119
 silicatos, 108-114
 suplemento alimenticio, comparación con, 88
 variaciones en la composición en, 99-101
 variaciones estructurales en, 100-101
 Minerales no silicatados, 108, 116-119
 clases comunes de, 116
 Minerales, propiedades físicas de, 101-107
 densidad y peso específico, 106
 dureza, 103-104
 forma o hábito del cristal, 103
 ópticos, 102-103
 Mineralogía, 86
 Misión Cartográfica de la Antártida, 14
 Modelo(s)
 de drenaje de red enrejada, 519
 de drenaje radial, 519
 de drenaje rectangular, 519
 mareal diario, 658
 mareal semidiurno, 658
 mareales mixtos, 658
 Moho, 386, 388
 Mohorovičić, Andrija, 386
 Moléculas, 90
 Montañas
 Apalaches, 452-453
 Henry, 153
 rocosas, 456
 Montañas limitadas por fallas, 334, 454-457
 provincia Basin and Range, 454-457
 Monte(s)
 Mazama, (Cráter Lake), 145
 McKinley, 438. Véase también Parque Nacional Denali
 Pinatubo, 682
 Redoubt, 482
 submarinos, 33, 416
 Uluru, 612
 Monument Valley, 202
 Monumento Nacional del Cráter Sunset, 35
 Mooney, Walter, 368
 Morenci, Arizona, 7
 Morley, L. W., 59
 Morrena, 582-584
 de retroceso, 584
 lateral y central, 582-583
 terminal y de fondo, 583-585
 Moscovita, 112, 113
 Mount Rushmore National Memorial, 128
 Movimiento de la arena en la playa, 634-638
 corrientes de resaca y 638
 perpendicular a la línea de costa, 635
 refracción de olas y 635-636
 transporte litoral, 636-638
 Movimiento orbital circular, 632
 Movimiento vertical de la corteza, 458-461
 convección del manto y, 460-461
 isostasia y, 458
 Muro, 333
- N**
 Nantucket, 629
 National Hurricane Center, 659
 National Ice Core Laboratory, 672
 Nave espacial *Cassini*, 806
 Nebulosa
 de la Laguna, 26
 solar, 24, 712, 782
 Neptuno, 807-810
 Neutrones, 89, 306
 Nevado del Ruiz, 180
 Neviza, 570
New Horizons, 817
 Newton, Isaac, 59
 Nivel D''. Véase capa D''
 Nivel de base, 508-510
 absoluto, 509
 corrientes gradadas y, 508-510
 Nivel freático, 535-538
 colgado, 543
 definición, 535
 interacción del agua subterránea y, 536
 mapa de, 537
 variaciones en, 535-536
 Nivel piezométrico, 548
 Niveles de base
 locales, 509
 temporales, 509
 No ferromagnésico. Véase Silicatos claros
 Nube ardiente, 178-180
 San Pedro, destruido por, 179-180
 Nube de Oort, 25, 814
 Núcleo, 26, 28, 77, 89, 306, 389-391, 812
 externo, 28, 389
 interno, 28, 390-391
 Número
 atómico, 89-90, 306
 máscico, 94
- O**
 Obsidiana, 87, 88, 132, 136, 138
 Océano Atlántico, 427
 Ocultación, 808
 Ojo del huracán, 652
 Olas, 630-633
 altura de, 631
 características de, 631-632
 erosión y, 633-634
 movimiento orbital circular y, 632
 zona de rompiente en, 633
 Old Faithful, 545
 Oldham, Richard Dixon, 389
 Oleada(s)
 de temporal, 652-653
 glaciares, 572
 Oleoducto trans-Alaska, 370
 Olivino, 112, 114, 383, 388, 423
 Onda(s)
 de cuerpo, 353

- de superficie, 353
 - primarias (P), 353, 354
 - refractadas, 387
 - secundarias (S), 353, 354
 - sísmicas, 29, 346, 362
 - Opaco, 102
 - Organ Pipe Cactus National Monument, 602
 - Orientación de la pendiente, 219
 - Orogénesis, 438
 - Over the Mountains* (Collier), 4
 - Oxidación, 211
 - Ozono, 676
- P**
- Paleoclimatología, 669
 - Paleomagnetismo, 51-54
 - campo magnético terrestre y, 52
 - definición, 52
 - deriva polar aparente y, 52, 54
 - movimiento de placas y, 75-76
 - Paleontología, 300
 - Paleosismología, 371
 - Pangea, 46, 47, 71
 - Paraconformidad, 297
 - Pared del ojo, 652
 - Parícutin, 174-175
 - Parque nacional
 - Arches, 338
 - Capital Reef, 232
 - Denali, 438, 576
 - Glacier, 336
 - Great Sand Dunes, 238
 - La Calzada de los Gigantes, 130
 - Montañas de Guadalupe, 241
 - Saint Elias, 583
 - Zion, 36, 238
 - Partícula
 - alfa, 306
 - beta, 306
 - Pasta, matriz, 132
 - Pasteur, Louis, 15
 - Pavimento desértico, 614-616
 - Pedernal, 243, 244
 - Pegmatitas, 132-133, 767
 - Pendientes sobreempinadas, 471
 - Perfil
 - de reflexión sísmica, 409
 - longitudinal, 500
 - Peridotita, 28, 388
 - Perímetro del cauce, 499
 - Periodo, 311
 - de ola, 631
 - de semidesintegración o vida media, 307
 - devónico, 731, 732
 - glacial cuaternario, 592
 - Permafrost, pergerisuelo, 486-488, 699
 - Permeabilidad, 538
 - Perrault, Pierre, 543
 - Peso específico, 106
 - Petróleo, 751-753
 - formación del petróleo y, 751
 - trampas petrolíferas y, 752-753
 - Piccard, Jacques, 415
 - Pico Sarychev, 195
 - Pie de talud, 33, 413
 - Piedras preciosas, gemas, 118
 - Piroxenos, 114, 423
 - Piscina Grand Prismatic, 726
 - Pizarra, 36, 273
 - Pizarrosidad, 270
 - Placa(s), 58, 60-61
 - de Farallón, 398, 431
 - de raya, 102
 - litosférica, 59-61
 - tectónica, 58-62
 - Placeres, 771
 - Planeta(s)
 - enanos, 816-817
 - exteriores, 784
 - interiores, 784
 - joviano, 784, 785
 - terrestre, 783, 785
 - Planetesimales, 25, 29, 712, 782
 - Plano
 - axial, 327
 - de estratificación, 255
 - Plataforma(s)
 - continental, 33, 413
 - de abrasión, 638
 - estables, 33
 - glaciar de Groenlandia, 51
 - glaciar Filchner, 568
 - glaciar Larsen B, 568
 - glaciar Ross, 568
 - glaciares, 567
 - Playa(s), 254, 610, 630
 - alta, 630
 - baja, 630
 - lago, 610
 - movimiento de la arena sobre, 634-638
 - Pliegue(s), 327-331
 - monoclinales, 331
 - Plumas del manto, 72-75, 192, 427-429
 - movimiento de placas y, 73-75
 - puntos calientes y, 72-73
 - Plutones, 150
 - Población mundial, 7
 - Polaridad
 - invertida, 56
 - normal, 56
 - Polen fósil, 673
 - Polimerización, 109
 - Polimorfos, 100, 107
 - Pórfido, 132
 - Porosidad, 538
 - Potasio-argón, 308-309
 - Powell, John Wesley, 294, 508-510
 - Pozo(s), 546-548
 - artesiano no surgente, 548-549
 - artesiano surgente, 548
 - Pratt, J. H., 460
 - Precipitación media anual, 605
 - Predicción del recorrido, 659
 - Presa de Asuán, 761
 - Presa Glen Canyon, 762
 - Presión de confinamiento, 267, 321, 324
 - Prisma de acreción, 414, 444
 - Problemas para la extracción del agua subterránea, 549-555
 - contaminación de agua salada y, 551
 - contaminación y, 551-555
 - recurso no renovable, tratamiento como, 550
 - Procariotas, 727
 - Procesos externos, 202
 - Procesos gravitacionales, 202
 - cambio en la pendiente y, 468
 - desarrollo de las formas del terreno, 466-468
 - deslizamiento de rocas y, 479-480
 - deslizamiento rotacional, 477-479
 - deslizamientos submarinos y, 488
 - flujo de derrubios y, 480-483
 - flujo de tierra, 484
 - movimientos lentos, 484-486
 - paisaje de permafrost y, 486-488
 - Procesos gravitacionales, clasificación
 - de, 474-477
 - tipo de material, 474
 - tipo de movimiento, 474-475
 - velocidad de movimiento, 475-477
 - Procesos gravitacionales, controles y desencadenantes de, 468-474
 - papel del agua como, 468-469
 - pendientes sobreempinadas, 468
 - terremotos, 472-473
 - Procesos ígneos, 127
 - Protones, 89-90, 306
 - Protoplanetas, 712, 783
 - Protosol, 24
 - Provincia Basin and Range, 454-457
 - Pulido, Dionisio, 174
 - Pumita, 87, 138, 168, 169
 - Punto(s)
 - calientes, 72, 75, 192
 - de cruce, 387
 - de Curie, 52
- Q**
- Qui Ying, 559
 - Quilate, 93
- R**
- Radiación electromagnética, 702
 - Radiactividad, 306
 - Rainier, Monte, 180
 - Rasa, 639
 - Rasely, Bob, 483

- Rebote elástico, 348, 349
Reconnaissance Orbiter, 799
 Recristalización, 246
 Recumbente, 328
 Recursos energéticos, 749-751. Véase también Combustibles fósiles
 Recursos minerales no metálicos, 773-775
 aparición y usos, 773
 materiales de construcción, 774
 minerales industriales, 774-775
 Recursos minerales, 765-775. Véase también Recursos minerales no metálicos
 meteorización y, 771
 procesos ígneos y, 766-770
 procesos metamórficos y, 770
 Recursos no renovables, 748
 Recursos renovables, 748
 Redes de drenaje, 518-521
 captura y, 521
 erosión remontante y, 521
 formación de una garganta, 519
 Reflujo de la marea, 658
 Refracción de las olas, 635-636
 Región de retroarco, 441
 Regolito, 216
 lunar, 792
 Reid, H. F., 348
 Rendimiento específico, 539
 Réplicas, 348
 Reptación, 485
 de falla, 350
 Resaca, 633
 Reservas, 765
 Retención específica, 539
 Retroceso de escarpe, 506
 Richter, Charles, 357-359
 Rift del este de África, 60, 63, 425
 Río
 Colorado, 504, 514
 Knik, 509
 Red Deer, 514
 Snake, 515
 Riolita, 135-136
 Ríos, 496
 Rizaduras (ripple marks), 256, 257
 Roca almacén, 752
 Roca de tapa impermeable, 752
 Roca ígnea intrusiva, 34, 127
 Roca protolito, 264, 268-269
 Rocas, 34-38. Véase también Tipos específicos
 aborregadas, 580
 definición, 87
 evidencia de deriva continental en, 49
 ígneas, 34
 metamórficas, 36-38
 sedimentarias, 35-36
 Rocas ígneas, denominación, 34, 38, 126, 127, 134-140
 clasificación de, 134-135
 extrusivas, 34, 128
 félsica (granítica), 134-138
 intermedia (andesítica), 139
 máfica (basáltica), 139
 piroclástica, 139-140
 Rocas metamórficas, 36, 38-39, 273-277
 foliadas, 273-276
 no foliada, 276-277
 Rocas plutónicas, 127
 Rocas sedimentarias, 35, 38
 ciclo de rocas y, 233
 ciclo del carbono, 247-248
 clasificación de, 248-251
 definición, 233-234
 detríticas, 234-240
 diagénesis y, 246-248
 estructuras de, 255
 identificación de, 250
 importancia de, 232
 litificación y, 248
 orgánico, 245-246
 orígenes de, 233-234
 química, 240-245
 Rocas sedimentarias detríticas, 35
 arenisca, 236-239
 brecha, 239
 clasificación del tamaño de las partículas para, 235
 conglomerado, 239-240
 definición, 234
 identificación de, 250
 lutita, 235-236
 Rocas sedimentarias orgánicas
 carbón, 245
 definición, 234
 identificación de, 250
 Rocas sedimentarias químicas, 35
 caliza, 240-243
 definición, 234
 dolomía, 243
 evaporitas, 244-245
 identificación de las, 250
 sílex, 243, 244
 Rocas ultramáficas, 129, 130
 Rocas volcánicas, 128
 Rompeolas, 644
 Rompientes, 633
 Roof pendant, 278
 Runcorn, S. K., 52
 Ruptura continental, 63, 423-430
 mecanismos para la, 427-430
- S**
 Sagan, Carl, 687
 Sal, 775
 Saltación, 504, 612-613
 San Rafael Swell, 332
 Santa Elena, monte, 24, 149, 159-160, 176, 180, 185, 481, 482, 682
 Saturno, 804-807
 Scott, W. B., 51
 Sedimentación cristalina, 144
 Sedimento(s), 35, 38, 222
 del fondo oceánico, 670-671
 detríticos, 35
 Segregación magmática, 766
 Seiches, 362
 Selección, 236-238, 505
 Sequía(s), 541-542
 agrícola, 541, 542
 hidrológica, 541
 meteorológica, 541, 542
 socioeconómica, 541
 Serie de reacción de Bowen, 143-144, 148, 214
 Sheep Mountain, 4, 329
 Shubin, Neil, 734
 Sierra Nevada, 446-447
 Sierras costeras, 446-447
 Sílex (chert), 243, 244
 Silicato(s), 108-115
 claros, 111-114, 128
 estructuras, ensamblaje, 110-111
 minerales, comunes, 111-115
 oscuros, 114-115, 128
 tetraedro silicio-oxígeno, 109-110
 Sills, 151-152
 Sinclinales, 327-330
 Sismo precursor, 348
 Sismógrafo, 352, 353
 Sismograma, 352, 355
 Sismología
 definición, 352
 sismógrafos y, 352-355
 Sistema(s), 20
 abiertos, 21
 cerrados, 21
 climáticos, 668
 de dorsal oceánica, 54
 de posicionamiento global (GPS), 76
 fluviales, 497-498
 Sistema Solar, 782-788
 cuerpos menores de, 810-817
 planetas y, 783-788
 teoría de la nebulosa, 782-783
 visión de conjunto, 782
 Sistema terrestre, 20-23
 ciclos en, 22
 ciencia, 20-22
 definición, 21
 fuentes de energía para, 22
 mecanismos de realimentación y, 21
 partes relacionadas de, 22
 seres humanos y, 23
 Smith, William, 305
 Sociedad Filosófica Norteamericana, 51
 Sociedad Geológica de América, 8
Sojourner, 804
 Soliflucción, 485-486
 Solum, 220

- Sonar, 408
 Stair Hole, 320
Stardust, 813
 Steno, Nicolas, 98, 295
 Stocks, 152-154
 Subducción, y formación de montañas, 441-447
 Subsistencia, 173, 182, 265, 296, 292, 342, 364, 520, 531, 587, 588, 652
 superficial y agua subterránea, 550, 553
 Subsistemas, 20
 Sucesión de fósiles, principio de la, 11, 305
 Suelo(s), 215
 clasificación, 221
 clima y, 218
 como interfase, 216
 definición, 20, 216
 erosión, 223-226
 formación, control de, 216-219
 órdenes, 221
 perfil, 219-221
 plantas/animales y, 218
 residuales, 216
 tiempo y, 217
 topografía y, 219
 transportados, 216
 Supercontinentes, 46, 719-721
 Supernova, 24, 712
 Superpluma, 460
 africana, 398
 Superposición, ley de la, 11, 295
 Surtsey, isla de, 173
 Sustancias metálicas, 90
 Sutura, 450
- T**
- Tabla periódica de los elementos, 90
 Tabular (intrusión), 151
 Talud continental, 33, 413
 Taxonomía del suelo, 221
 Taylor, F. B., 59
 Tectitas, 283
 Tectónica de placas, 58-62, 594
 cambios en, 69
 definición, 58
 glaciación y, 594
 importancia de, 80
 límites de placas y, 61
 mapa de, 60-61
 medida del movimiento de placas 73-76
 perforación oceánica y, 71, 72
 plumas del manto y, 72-75
 probar, modelo, 70-73
 teoría de, 17, 46
 Telescopio espacial Hubble, 788, 805, 817
 Temperatura terrestre, 391-396
 etapas térmicas, 391
 mecanismos para el flujo de calor, 391-392
 perfil, 394-396
 Tenacidad, 103
 Teoría, 15
 de la nebulosa, 24, 782-783
 del Big Bang, 24
 Terrane, 448
 Terraza, 514, 515
 de kame, 587
 Terremotos
 causas de, descubrimiento, 347-348
 cinturones y bordes de placa, 359-361
 de megacabalgamientos, 360
 definición, 346
 Este de las Rocosas, 375
 fallas y fracturación, 348-352
 orígenes de, localización, 355-356
 predicción, 367-372
 réplicas y precursores, 348
 tectónica de placas y, 373-375
 Terremotos, destrucción causada por, 361-367
 deslizamientos/subsistencia del terreno y, 365
 fuego y, 365
 tsunamis y, 365-367
 vibraciones sísmicas y, 361-364
 Terremotos, medición, 356-359
 escalas de intensidad y, 356-357
 escalas de magnitud y, 357-359
 Tetraedro silicio-oxígeno, 109-110
 Textura(s), 130, 269
 afanítica, 131
 clástica, 249-250
 cristalina, 250
 de grano fino, 131
 de grano grueso, 131
 fanerítica, 131
 foliada, 37
 fragmentaria, 132
 no clástica, 250
 no foliada, 37, 272
 pegmatítica, 132-133
 porfídica, 131
 porfidoblástica, 273
 vesicular, 131
 vítrea, 132
 Textura ígnea, 130-133
 definición, 130
 tipos de, 131-133
 Texturas metamórficas, 269-273
 foliación, 269-272
 no foliadas, 272-273
 Texturas piroclásticas, 132
Theory of the Earth (Hutton), 9
 Thieler, Rob, 637
 Thoreau, Henry David, 586
 Thousand Springs, 543
 Tierra, evolución a través del tiempo geológico, 708-741
 características únicas, 708-711
 eón Fanerozoico, 721-726
 era Cenozoica, 737-741
 era Mesozoica, 735-737
 era Paleozoica, 730-735
 historia Precámbrica, 716-721
 nacimiento de un planeta, 712-714
 vida, 726-729
 Tierra. Véase también Vida en la Tierra
 cara de, 29-34
 esferas, 17-20
 estructura interna de, 26-29
 estudio desde el espacio, 14
 formación de la estructura en capas de, 26-28
 origen de, 24-26
 sistema, 20-23
 Tierras altas lunares, 790
 Tiktaalik, 734
 Till, 581
 Tillita, 593
 Toba, 139-140
 soldada, 132, 139, 167
 Tómbolo, 640
 Tomografía sísmica, 397-398
 Topografía kárstica, 557-560
 Trampa petrolífera, 752-753
Transactions of the Royal Society of Edinburgh, 10
 Translúcido, 102
 Transparente, 102
 Transpiración, 495
 Transporte litoral, 636-638
 Travertino, 243
 Trenes de valles, 586-587
 Triangulación, 356
 Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), 14
 Tsunami, 173, 360, 365-367
 Alaska 1964, 366
 definición, 365
 Indonesia 2004, 367
 sistema de aviso, 367
 Tubos de lava, 166
 Turba, 245
- U**
- U.S. Department of Labor, 8
 U.S. Geological Survey, 294, 372
 U.S. Global Change Research Program (USGCRP), 698
 Uniformismo o uniformitarianismo, 9
 Urano, 807-810
 Ussher, James, 7
- V**
- Vacíos sísmicos, 370
 Valle
 colgado, 578
 de Charakusa, 451
 de la Muerte, California, 611
 de rift, 62, 418-419
 San Joaquín, 552

Valles fluviales, 510-515
 definición, 510
 excavación, 510-512
 meandros encajados y terrazas, 513
 ampliación, 513
 Vapor de agua, 676
 Velocidad
 de escape, 787
 de la corriente, 498
 de movimiento, 475-477
 de sedimentación, 504
 Venetz, Ignaz, 592
 Ventifactos, 616
Venus Express, 796
 Venus, 794-797
 Vesículas, 131
 Vesubio, 177-178
 Vibraciones sísmicas, 361-364
 Vida en la Tierra, 726-729
 era Cenozoica, 737-741
 era Mesozoica, 735-737
 era Paleozoica, 730-735
 orígenes, 726-729
 Vidrios, 131
 Vigilancia de huracanes, 659
 Vine, Fred, 56, 59
 Viscosidad, 132, 162, 393
 factores que afectan a, 163
 Vog, 170
 Volátiles, 126, 163, 167

Volcán
 actividad de cambio climático y,
 681-684
 anatomía de, 169-170
 Cleveland, 66
 contaminación del aire causada por, 170
 cuello de, 186
 Kilauea, 126
 Osorno, 65
 Redoubt, 445
 riesgos de, 194-195
 Volcanes en escudo, 170-173
 definición, 170-171
 islas volcánicas y, 173
 Kilauea, Hawaii, 172-173
 Mauna Loa, 171
Voyager 2, 807
 Vulcanismo intraplaca, 189-193

W

Walden Pond, 586
 Walsh, Don, 415
 Wallace, Alfred, 59
 Watkins, N. D., 59
 Wegener, Alfred, 46-51, 53, 59, 71
 Wilson, H. Tuzo, 68

X

Xenolitos, 153

Y

Yacimiento(s)
 diseminado, 769
 de placeres, 771-773
 filonianos, 769
 Yardangs, 616

Z

Zona costera, 629-630
 características de, 629
 playas, 630
 Zona de ablación, 573
 Zona de acumulación, 572, 573
 Zona de fractura, 68, 571
 Zona de playa baja, 630
 Zona de prerribera, 630
 Zona de saturación, 535
 Zona de subducción, 64
 de Cascadia, 444
 dinámicas, 441
 estructuras, 440-441
 Zona de transición, 28, 388
 Zona litoral, 629
 Zona no saturada, 535
 Zonas de Wadati-Benioff, 374
 Zonas metamórficas, 282-285
 minerales índice y, 284, 285
 variaciones en la textura y, 282-284

