

Historia Geológica de la Tierra

Era	Período	¿Qué ocurrió?
Primaria o Paleozoico	<i>Cámbrico</i>	Al comienzo de esta era, las tierras emergidas forman un supercontinente llamado Pangea 1, en el Cámbrico se forman los continentes y cordilleras. Aparecen los invertebrados y algunos vertebrados: peces, anfibios y primeros reptiles. Al final de la era se vuelven a unir los continentes formando Pangea 2.
	<i>Ordovícico</i>	
	<i>Silúrico</i>	
	<i>Devónico</i>	
	<i>Carbonífero</i>	
	<i>Pérmico</i>	
Secundaria o Mesozoico	<i>Triásico</i>	Pangea 2 sufre a lo largo de esta era fragmentación y separación de las distintas placas. Aparecen los dinosaurios y las primeras plantas con flor. Y otros vertebrados más.
	<i>Jurásico</i>	
	<i>Cretácico</i>	
Terciaria o Cenozoico (Sistema Terciario y Sistema Cuaternario)	Cuaternario Holoceno	Continúan dispersándose los continentes y se forma el Himalaya entre otras cadenas montañosas. Dominan los mamíferos y se produce la evolución del caballo. Aparecen los foraminíferos. Aparecen los glaciares de la Antártida y se empiezan a establecer las zonas climáticas actuales.
	Pleistoceno	
	Plioceno	
	Oligoceno	
	Terciario Mioceno	
	Eoceno	
	Paleoceno	

Definición de Era: Cada una de las grandes unidades cronológicas de la Historia de la Tierra, en la que se ha cumplido más o menos perfectamente un ciclo geológico, y que abarca varios períodos o sistemas. Las eras bien establecidas son la paleozoica o primaria, la mesozoica o secundaria y la cenozoica, que comprende los sistemas terciario y cuaternario, antes considerados como eras.

*Nota: En la mayoría de las fuentes consultadas aparecían la Era Terciaria y Cuaternaria agrupadas bajo en nombre de Cenozoico, en vez de constituir cada una de ellas por separado una era...

Pangea:

- **Gondwana**– Nombre dado por los geólogos a un continente austral, paleozoico, que se supone estaba formado por las tierras que hoy son América del sur, África con Madagascar, Australia, Antártida y la india, y separado de las tierras septentrionales por el mar de Tethys. Al principio de la era mesozoica se debió iniciar su fragmentación en dos bloques, uno australiano y otro Africano–Brasileño.

- **Laurasia**– Continente nórdico que existió durante el mesozoico, formado por los actuales Norteamérica, Groenlandia, Europa y así, excepto la península indostánica.

INTRODUCCIÓN:

Geología (del griego, *geo*, 'tierra' y *logos*, 'conocimiento', por lo tanto, tratado o conocimiento de la Tierra), campo de la ciencia que se interesa por el origen del planeta Tierra, su historia, su forma, la materia que lo configura y los procesos que actúan o han actuado sobre él. Es una de las muchas materias relacionadas como ciencias de la Tierra, o geociencia, y los geólogos son científicos de la Tierra preocupados por las rocas y por los materiales derivados que forman la parte externa de la Tierra. Para comprender estos cuerpos, se sirven de conocimientos de otros campos, por ejemplo de la física, química y biología. De esta forma, temas geológicos como la geoquímica, la geofísica, la geocronología (que usa métodos de datación) y la paleontología, ahora disciplinas importantes por derecho propio, incorporan otras ciencias, y esto permite a los geólogos comprender mejor el funcionamiento de los procesos terrestres a lo largo del tiempo.

Aunque cada ciencia de la Tierra tiene su enfoque particular, todas suelen superponerse con la geología. De esta forma, el estudio del agua de la Tierra en relación con los procesos geológicos requiere conocimientos de hidrología y de oceanografía, mientras que la medición de la superficie terrestre utiliza la cartografía (mapas) y la geodesia (topografía). El estudio de cuerpos extraterrestres, en especial de la Luna, de Marte y de Venus, también aporta pistas sobre el origen de la Tierra. Estos estudios, limitados en un primer momento a las observaciones telescópicas, recibieron un gran impulso con la exploración del espacio que empezó en la década de los años sesenta.

Como ciencia mayor, la geología no sólo implica el estudio de la superficie terrestre, también se interesa por las partes internas del planeta. Este conocimiento es de básico interés científico y está al servicio de la humanidad. De esta forma, la geología aplicada se centra en la búsqueda de minerales útiles en el interior de la tierra, la identificación de entornos estables, en términos geológicos, para las construcciones humanas y la predicción de desastres naturales asociados con las fuerzas geodinámicas que se describen más adelante.

Historia del pensamiento geológico

Los pueblos antiguos consideraban muchas características y procesos geológicos como la obra de dioses. Observaban el entorno natural con miedo y admiración, como algo peligroso y misterioso. Así, los antiguos sumerios, babilonios y otros pueblos, pese a realizar descubrimientos notables en matemáticas y astronomía, erraban en sus investigaciones geológicas al hacer una simple personificación de los procesos geológicos. Las leyendas irlandesas, por ejemplo, sugerían que los gigantes eran responsables de algunos fenómenos naturales, como la formación por meteorización de las columnas basálticas conocidas ahora como el Camino de los Gigantes. Estos mitos también eran corrientes en las civilizaciones del Nuevo Mundo; por ejemplo, los pueblos indígenas americanos pensaban que los surcos en los flancos de lo que se llegó a conocer como Torre del Diablo en Wyoming eran las huellas de las garras de un oso gigante. Otras culturas como los mixtecos (México), sostienen en sus tradiciones que sus dioses titulares los guiaron a la zona montañosa de Oaxaca, Guerrero y Puebla, de donde emergieron las primeras dinastías.

Desde la antigüedad hasta la edad media

De modo similar, en la Grecia y Roma antiguas, muchos de los dioses estaban identificados con procesos geológicos. Por ejemplo, las erupciones volcánicas de Sicilia eran atribuidas a Vulcano. Se atribuye al filósofo griego Tales de Mileto, del siglo VI a.C., la primera ruptura con la mitología tradicional. Consideraba los fenómenos geológicos como sucesos naturales y ordenados que pueden ser estudiados a la luz de la razón y no como intervenciones sobrenaturales. El filósofo griego Demócrito hizo progresar esta filosofía con la teoría según la cual toda la materia se componía de átomos. Basándose en esta teoría, ofreció explicaciones racionales de todo tipo de procesos geológicos: los terremotos, las erupciones volcánicas, el ciclo del agua, la

erosión y la sedimentación. Sus enseñanzas fueron expuestas por el poeta romano Lucrecio en su poema *Sobre la naturaleza de las cosas*. Aristóteles, uno de los filósofos de la naturaleza más influyente de todos los tiempos, descubrió en el siglo IV a.C. que las conchas fósiles encajadas en estratos de roca sedimentaria eran similares a las encontradas en las playas. Con esta observación supuso que las posiciones relativas de la tierra y del mar habían fluctuado en el pasado y comprendió que estos cambios requerirían grandes periodos de tiempo. Teofrasto, discípulo de Aristóteles, contribuyó al pensamiento geológico escribiendo el primer libro de mineralogía. Se llamaba *Sobre las piedras*, y fue la base de la mayoría de las mineralogías de la edad media y de épocas posteriores.

El renacimiento

El renacimiento marcó el verdadero inicio del estudio de las ciencias de la Tierra; la gente empezó a observar los procesos geológicos mucho más que los griegos clásicos lo hicieron. Si Leonardo da Vinci no fuera tan conocido como pintor o ingeniero, lo sería como pionero de la ciencia natural. Se dio cuenta, por ejemplo, de que los paisajes están esculpidos por fenómenos de erosión, y de que las conchas fósiles de las piedras calizas de los Apeninos eran los restos de organismos marinos que habían vivido en el fondo de un mar antiguo que debía de haber cubierto Italia.

Después de Leonardo, el filósofo de la naturaleza francés Bernard Palissy escribió sobre la naturaleza y el estudio científico de los suelos, de las aguas subterráneas y de los fósiles. Los trabajos clásicos sobre minerales de este periodo fueron escritos, sin embargo, por Georgius Agricola, un alemán experto en minería que publicó *De Re Metallica* (1556) y *De Natura Fossilium* (1546). Agricola recopiló los desarrollos más recientes de geología, mineralogía, minería y metalurgia de su época; sus trabajos fueron traducidos con profusión.

Siglo XVII

Niels Stensen, un danés más conocido por la versión latina de su nombre, Nicolaus Steno sobresale entre los geocientíficos del siglo XVII. En 1669 demostró que los ángulos interfaciales de los cristales de cuarzo eran constantes, con independencia de la forma y del tamaño de los cristales y que, por extensión, la estructura de otras especies cristalinas también sería constante. Así, al llamar la atención sobre el significado de la forma de los cristales, Steno sentó las bases de la ciencia cristalográfica. Sus observaciones sobre la naturaleza de los estratos de roca le llevaron a formular la ley de la superposición, uno de los principios básicos de la estratigrafía.

Siglos XVIII y XIX

El pensamiento geológico del siglo XVIII se caracterizó por los debates entre escuelas opuestas. Los plutonistas, que proponían que todas las rocas de la Tierra se solidificaron a partir de una masa fundida y que luego fueron alteradas por otros procesos, se oponían a los neptunistas, cuyo principal exponente fue el geólogo alemán Abraham Gottlob Werner. Werner proponía que la corteza terrestre consistía en una serie de capas derivadas de material sedimentario depositadas en una secuencia regular por un gran océano, como en las capas de una cebolla. Por el contrario, el geólogo escocés James Hutton y los plutonistas, como eran llamados sus seguidores, distinguían las rocas sedimentarias de las intrusivas de origen volcánico.

En 1785, Hutton introdujo el concepto de uniformitarianismo según el cual la historia de la Tierra puede ser interpretada sirviéndose sólo de los procesos geológicos ordinarios conocidos por los observadores modernos. Pensó que muchos de estos procesos, actuando de manera muy lenta como lo hacen ahora, tardarían millones de años en crear los paisajes actuales. Esta teoría contradecía todas las opiniones teológicas de su tiempo que consideraban que la Tierra tendría unos 4.000 años. Los antagonistas de Hutton, liderados por el naturalista francés Georges Cuvier, creían que cambios bruscos y violentos catástrofes naturales como inundaciones y seísmos eran los responsables de las características geológicas terrestres. Por esta razón se les denominaba

catastrofistas.

El debate enfervorizado establecido entre estas dos escuelas empezó a declinar hacia el lado de los uniformitarios con la publicación de los *Principios de Geología* (1830–1833) de Charles Lyell. Nacido en 1797, año de la muerte de Hutton, Lyell se convirtió en la mayor influencia sobre la teoría geológica moderna, atacando con valentía los prejuicios teológicos sobre la edad de la Tierra y rechazando los intentos de interpretación de la geología bajo la luz de las Escrituras.

En las colonias de América del Norte, el conocido topógrafo, delineante y cartógrafo Lewis Evans había hecho notables contribuciones al saber geológico de América antes del influyente trabajo de Lyell. Para Evans era evidente que la erosión de los ríos y los depósitos fluviales eran procesos que habían ocurrido en el pasado. Además, a lo largo de su trabajo, apareció el concepto de isostasia: la densidad de la corteza terrestre decrece al crecer su espesor.

Junto al trabajo de Lyell, los principales avances de la geología en el siglo XIX fueron las nuevas reacciones contra los conceptos tradicionales, la promoción de la teoría glacial, el inicio de la geomorfología en América, las teorías sobre el crecimiento de las montañas y el desarrollo de la llamada escuela estructuralista.

Teoría glacial

La teoría glacial derivó del trabajo de Lyell, entre otros. Propuesta por primera vez hacia 1840 y aceptada después universalmente, esta teoría enuncia que los depósitos glaciales han sido depositados por glaciares y planos de hielo en un movimiento lento desde latitudes altas hasta otras más bajas durante el pleistoceno. El naturalista suizo Horace Bénédicte de Saussure fue uno de los primeros en creer que los glaciares de los Alpes tenían la fuerza suficiente para mover grandes piedras. El naturalista estadounidense de origen suizo Louis Agassiz interpretó de forma muy precisa el impacto ambiental de este agente erosivo y de transporte, y junto a sus colegas, acumuló diversas evidencias que apoyaron el concepto del avance y del retroceso glacial en los glaciares continentales y montañosos.

Estratigrafía

El geólogo británico William Smith hizo progresar la estratigrafía al descubrir los estratos de Inglaterra y representarlos en un mapa geológico que hoy permanece casi inalterado. Smith, en un primer momento, investigó los estratos a lo largo de distancias relativamente cortas; luego, correlacionó unidades estratigráficas del mismo periodo pero con distinto contenido en rocas. Después del desarrollo de la teoría de la evolución de Charles Darwin en el siglo XIX, se pudo llegar al principio de la sucesión de la fauna. Según este principio, la vida en cada periodo de la historia terrestre es única, los restos fósiles son una base para el reconocimiento de los yacimientos que les son contemporáneos y pueden ser usados para reunir fragmentos registrados dispersos en una secuencia cronológica conocida como escala geológica.

Ciclos de actividad geológica

Muchos geólogos del siglo XIX comprendieron que la Tierra es un planeta con actividad térmica y dinámica, tanto en su interior como en su corteza. Los que eran conocidos como estructuralistas o neocatastrofistas creían que los trastornos catastróficos o estructurales eran responsables de las características topográficas de la Tierra. Así, el geólogo inglés William Buckland y sus seguidores postulaban cambios frecuentes del nivel marino y cataclismos en las masas de tierra para explicar las sucesiones y las roturas, o disconformidades, de las secuencias estratigráficas. Por el contrario, Hutton consideraba la historia terrestre en términos de ciclos sucesivos superpuestos de actividad geológica. Llamaba cinturones orogénicos a las cintas largas de rocas plegadas, que se creía que eran resultado de una variedad de ciclos, y orogénesis a la formación de montañas por los procesos de plegamiento y de elevación. Otros geólogos apoyaron más tarde estos conceptos y distinguieron cuatro grandes periodos orogénicos: el huronense (final de la era precámbrica); el caledonio

(principio de la era paleozoica); el herciniano (final de la era paleozoica) y el alpino (final del periodo cretácico).

Estudio de campo

La exploración del Medio Oeste en el siglo XIX suministró todo un cuerpo nuevo de datos geológicos que tuvieron un efecto inmediato en la teoría geomorfológica. Las primeras expediciones de medición en esta zona fueron lideradas por Clarence King, Ferdinand Vandever Hayden y John Wesley Powell, entre otros, bajo los auspicios del gobierno. Grove Karl Gilbert, el más sobresaliente de los colaboradores de Powell, reconoció un tipo de topografía causada por fallas en la corteza terrestre y dedujo un sistema de leyes que gobierna el desarrollo de los continentes. También en Argentina, el antropólogo y geólogo Florentino Ameghino (1854–1911) desarrolló una labor intensa en toda América del Sur, especialmente en el Cono Sur. Evolucionista en la dirección de Lyell y Darwin, publicó, entre otras obras, *Geología, paleografía, paleontología y antropología de la República Argentina* (1910).

Siglo XX

Los avances tecnológicos de este siglo han suministrado herramientas nuevas y sofisticadas a los geólogos y les han permitido medir y controlar los procesos terrestres con una precisión antes inalcanzable. En su teoría básica, el campo de la geología experimentó una gran revolución con la introducción y el desarrollo de la hipótesis de la tectónica de placas que establece que la corteza de la Tierra se divide en varias placas que se mueven, chocan o se alejan en intervalos geológicos. Se considera ahora que las placas grandes empiezan en dorsales oceánicas y de otros tipos, llamados centros de extensión, y se mueven hacia fosos submarinos, o zonas de subducción, donde la materia de la corteza desciende de nuevo. Los lugares de la Tierra donde se producen los grandes terremotos tienden a situarse en los límites de estas placas sugiriendo que la actividad sísmica puede interpretarse como el resultado de movimientos horizontales de éstas.

Esta hipótesis se relaciona con el concepto de deriva continental, propuesta por el geofísico alemán Alfred Wegener en 1912. Fue apoyada más tarde por la exploración de las profundidades marinas, gracias a la cual se obtuvieron pruebas de que el fondo marino se extiende, creando un flujo de corteza nueva en las dorsales oceánicas. El concepto de la tectónica de placas se ha relacionado desde entonces con el origen y el crecimiento de los continentes, con la generación de corteza continental y oceánica y con su evolución temporal. De esta forma, los geólogos del siglo XX han desarrollado una teoría para unificar muchos de los procesos más importantes que dan forma a la Tierra y a sus continentes.

El Precámbrico

El Precámbrico es la era más antigua y también la más larga de la historia de la Tierra: tuvo una duración de 2.800 millones de años. Abarca desde la formación de la corteza terrestre hasta hacia aproximadamente 600 millones de años. Se caracteriza por intensa actividad volcánica y clima variado. Aunque en ella aparecen las primeras formas de vida no se han encontrado fósiles correspondientes a esta época. La Tierra estaba mucho más caliente que ahora y ocupada por bacterias, hongos y algas. A medida que estos organismos se desarrollan y son más numerosos, la atmósfera se enriquece en oxígeno.

ERA PRIMARIA O PALEOZOICA (hace 580 millones de años).

La Era Paleozoica presenta los primeros indicios de restos orgánicos que forman la fauna y flora más antiguas. Su duración fue larguísima, interrumpida a veces por grandes movimientos que dislocaron la corteza de la tierra que aun no presentaba la suficiente consistencia. Tuvieron lugar dos grandes movimientos orogénicos: el *plegamiento caledoniano*, acaecido en el Silúrico, y el *plegamiento herciniano*, al sur del anterior, ocurrido al final del Carbonífero. Se supone que a este era precedió otra arqueozoica (Precámbrico) en que se inició la vida orgánica.

Al comienzo de esta era, las tierras emergidas están agrupadas en un gran supercontinente, llamado Pangea 1. En el Cámbrico empiezan a dispersarse y forman varios continentes. El choque entre las placas continentales de esta era produce grandes cadenas montañosas de colisión (orogenias caledoniana y hernílica).

El clima paleozoico es alternante. Existen tres épocas muy frías (glaciaciones), en las que gran parte de los continentes se encuentran cubiertos de hielo; esto ocurre en el Cámbrico, Silúrico y Carbonífero. Las épocas intermedias fueron de clima cálido.

A este período corresponden los primeros seres organizados que poblaron el mundo, especialmente peces, moluscos e insectos. En cuanto a la flora estaba representada por las criptógamas de gran variedad de formas. La vida orgánica, con escasos fósiles de principios de la era, muestra un continuo desarrollo hacia formas superiores, empezando los vegetales por las algas, siguiendo por gigantescas criptógamas vasculares y luego las coníferas, pero no hay dicotiledóneas. La gran masa de fósiles animales la constituyen los corales, equinodermos, moluscos, braquiópodos y trilobites; hay ya también peces, (formas especiales de selacios y ganoideos, sinteleosteos); en el Devónico aparecen los primeros cuadrúpedos anfibios (estegocéfalos y laberintodontos), y en el Carbonífero los primeros reptiles (arársidos, diápsidos, anápsidos y sinápsidos); faltan aves y mamíferos; de los artrópodos terrestres se han hallado escorpiones, arañas, frinoideos, ortópteros y neurópteros.

Los bosques de esta era formaron los yacimientos de carbón que explotamos hoy en día.

Hacia el final de la era Primaria, los continentes estaba unidos en dos masas: Laurasia al norte y Gondwana al sur, separados por un océano, Tethys.

Cámbrico: Es el primero en antigüedad de los seis sistemas en que se divide el eratema paleozoico. Su duración abarca desde los 570 a los 5000 millones de años antes de los tiempos actuales. Las rocas más características fueron ----- (rellenar el hueco con la info de los demás) y las calizas. Vivieron solamente vegetales e invertebrados acuáticos, pues no habían aparecido aún plantas ni animales terrestres.

Ordovícico: (500 a 430 millones de años)_ Se divide en los pisos siguientes: tremadociense, skiddaviense, llandeilo, caradociense y ashgillense. El predecesor del océano Atlántico actual empezó a contraerse mientras que los continentes de esa época se acercaban unos a otros. Los trilobites seguían siendo abundantes; importantes grupos hicieron su primera aparición, entre ellos estaban los corales, los crinoideos, los briozoos y los pelecípodos. Surgieron también peces con caparazón y sin mandíbula son los primeros vertebrados conocidos sus fósiles se encuentran en lechos de antiguos estuarios de América del Norte.

Silúrico: período en el que se formaron los depósitos siguientes al cámbrico y antecedentes al devónico. De la flora se conocen solamente algunas algas calizas pero de la fauna más de 10000 especies, además del trilobites y braquiópodos, muchos cnidarios, equinodermos, briozoos y moluscos, al final aparecen peces, algunos escorpiones y miriápodos como animales terrestres. Los primeros hallazgos de fósiles correspondientes a este periodo los tuvo Murchinson, en el país de los antiguos siluros – país de Gales– (1835) de donde procede la denominación.

Devónico: comprendido entre el silúrico y el carbonífero. Comprende un período entre el 410 y 350 millones de años antes de los tiempos actuales, formado por las rocas depositadas entonces: areniscas, calizas y pizarras arcillosas. Su duración fue de unos 40 millones de años, y tuvo muchos tipos de invertebrados. El grupo más característico fue el de los peces, una de cuyas clases la de los crossopterigios, evolucionó durante el periodo y origino los primeros vertebrados terrestres, los anfibios. También la vegetación de tierra inició entonces su gran desarrollo.

Carbonífero: Se dice del quinto periodo de la era paleozoica. Durante él tuvo lugar el apogeo de los anfibios y la aparición de los reptiles. Entre los vegetales alcanzaron un desarrollo exhuberante los helechos

arborescentes y las gimnospermas que han llegado hasta nosotros fosilizados formando carbones en gran parte del mundo, que son los que actualmente se explotan. Los geólogos estadounidenses sustituyen este período por dos: El mississippico equivalente al Carbonífero inferior y el pensylvánico equivalente al carbonífero superior. La Pangea, durante este período estaba rodeada de sima.

Pérmico: Se dice del último período de la era Paleozoica, entre el Carbonífero y el Triásico, con facies continental y marina y de la capa de terreno formada durante él. La denominación fue dada por el geólogo R. Murchinson y su característica general es constituir una época de transición entre la era primaria y secundaria. Abunda la arenisca y esquistos pizarrosos y en algunas capas alcanza un espesor de más de 1350 metros. La fauna en este período, es mucho más pobre que en el precedente y en cambio en la facies marina es abundante con los primeros reptiles: se extienden sus nacimientos desde Norteamérica hasta los países mediterráneos y la india. Este sistema se divide en los siguientes pisos de facies marina: artinskiense, konguriense, y kazaniense; y de facies continental: antuniense, safoniense, y turingiense.

ERA SECUNDARIA O MESOZOICA

Era geológica que comprende tres períodos: Triásico, Jurásico y Cretácico. Durante esta era hubo una gran transgresión marina al principio del jurásico y una regresión al final del mismo. Al comienzo del Cretácico el mar volvió a invadir las tierras, para retirarse hacia la terminación de la Era. Lo más característico de esta época fue la existencia de grandes reptiles (dinosaurios, ictiosaurios, plesiosaurios, pterodáctilos, etc.) la aparición de las aves (achaerópteryx), los ammonítidos y belemnites y el comienzo de la orogenia alpina. Sin embargo, al final de esta era, desaparecen. Además, proliferan los organismos con concha. En cuanto a vegetación, se desarrollan las plantas con flores.

El Gondwana se fragmenta en dos mitades y se inicia el plegamiento Alpino.

Triásico

Jurásico

Cretácico

CENOZOICO: ERA TERCIARIA Y CUATERNARIA.

Era Terciaria

Intervalo de tiempos geológicos incluido en el cenozoico, que se extiende desde hace unos 66 millones de años hasta unos 2,5 millones de años atrás, desde el final del cretácico en el mesozoico hasta el principio del cuaternario en el cenozoico. La Terciaria dura tres veces menos que la Secundaria. A lo largo de sus 63 millones de años se producen cambios en océanos y continentes y la geografía se parece a la actual. De todas, América del Norte está aún unida a Groenlandia. El plegamiento Alpino se completa. Proliferación de los mamíferos. Se compone de las siguientes etapas: Paleogeno y Neoceno. El terciario se divide en 5 partes: el paleoceno, el eoceno, el oligoceno, el mioceno y el plioceno. Fue una época de grandes fluctuaciones térmicas, desde el eoceno tropical hasta los periodos glaciales del pleistoceno. Los vertebrados dominantes eran los mamíferos, que se encontraban en fase de diversificación creciente.

Paleoceno: El paleoceno es la primera y más corta de las cinco divisiones del terciario dentro del cenozoico en la escala geológica; abarca un intervalo entre 65 y 54 millones de años atrás, y definida, como las épocas posteriores, según la proporción de especies modernas de moluscos encontradas en los registros fósiles.

El paleoceno marca el paso final en la desmembración del supercontinente ancestral Pangea que empezó a separarse en los comienzos del mesozoico temprano. Los movimientos de la tectónica de placas separaron

finalmente la Antártida de Australia; en el hemisferio norte, el fondo marino en expansión del Atlántico norte ensanchado alejó Norteamérica de Groenlandia. Al haber desaparecido los dinosaurios al final del cretácico precedente, la vida mamífera empezó a dominar en la Tierra. Los principales mamíferos que aparecieron fueron los marsupiales, los insectívoros, los lemures, los creodontes (ancestro carnívoro común de todos los gatos y perros) y animales ungulados primitivos desde los que fueron evolucionando diversos grupos (como los caballos, los rinocerontes, los cerdos y los camellos).

Eoceno: El eoceno es la segunda división del cenozoico, era de la escala de tiempos geológicos, que comenzó hace unos 54 millones de años y finalizó hace unos 40 millones de años. Al igual que el paleoceno, que le precedió, y el oligoceno, que le siguió, el eoceno (en griego *eos* 'alba' y *kainos* 'vida') fue definido en el siglo XIX por el geólogo británico Charles Lyell sobre la base del porcentaje de especies modernas de moluscos y crustáceos presentes en los estratos rocosos del cenozoico.

En el hemisferio occidental, el eoceno marcó la última fase de la orogénesis de las cordilleras, el episodio de alzamiento de las grandes cadenas montañosas que se extienden hacia el norte y el sur en el oeste de las Américas. En el noroeste, los sedimentos arcillosos depositados en los vastos lagos del eoceno se compactaron para formar valiosos depósitos de esquistos petroleros. Al mismo tiempo, el supercontinente de Laurasia siguió desgajándose, la expansión de los suelos marinos comenzó en serio en la sección más septentrional de la dorsal medioatlántica, impulsando a Groenlandia hacia el oeste, alejándola del norte de Europa, y desencadenando la erupción de grandes flujos basálticos, cuyos restos pueden apreciarse en Irlanda, Escocia, Islandia y Groenlandia.

Las fuerzas generadas por las colisiones continentales que habían comenzado al comienzo de la era precedente, el mesozoico, condujeron al alzamiento del sistema montañoso alpino-himalayo. Mientras tanto, sobre las llanuras del noreste de la India corrieron ingentes cantidades de basalto fundido al unirse este subcontinente recién formado, desgajado de África durante el cretácico, a Asia. En el hemisferio sur, la Antártida y Australia, que habían estado unidas después de separarse de Gondwana en el mesozoico, se separaron a su vez y se alejaron la una de la otra.

El clima del eoceno era subtropical y húmedo en todo América del Norte. En latitudes altas de Groenlandia y Siberia, en los bosques templados húmedos, dominaban las secuoyas gigantes y los árboles de hoja caduca como el haya, el castaño y el olmo. En el clima cálido de Alaska, durante el eoceno, florecieron las higueras, las magnolias y las cicadáceas.

La rápida evolución de nuevos órdenes de mamíferos, iniciada en el paleoceno, siguió adelante. En Europa y Norteamérica aparecieron al mismo tiempo formas ancestrales del caballo, el rinoceronte, el camello y otros grupos modernos, como los murciélagos, los primates y roedores similares a las ardillas. Muchos de ellos eran muy pequeños en comparación con las formas actuales. El caballo más primitivo medía unos 30 cm de altura y tenía tres dedos en las patas traseras y cuatro en las delanteras. Los carnívoros de aquel entonces, llamados creodontes, fueron el tronco del que evolucionarían los perros y gatos modernos. El final de esta época fue testigo de la primera adaptación de los mamíferos a la vida marina. En el norte de México, Egipto y Europa se han encontrado restos fósiles de un animal similar a la ballena pertenecientes al eoceno. El más grande de estos animales medía más de 15 m, pero aún así era presa de los tiburones de entonces, algunas de cuyas especies tenían mandíbulas de hasta 1,8 m de ancho.

Oligoceno: El oligoceno es la tercera división del periodo terciario del cenozoico, que se inició hace 40 millones de años y finalizó hace 25 millones de años. Al igual que el eoceno, que le precedió, y que el mioceno, que vino a continuación, el oligoceno (del griego, 'poca vida') fue definido en función del porcentaje de especies modernas de moluscos y crustáceos (10–15%) presentes en los estratos correspondientes a esta era.

Según la teoría de la tectónica de placas, las colisiones entre las placas de la corteza terrestre continuaron sin

pausa desde el eoceno. En el hemisferio oriental, los restos afroárabes e indios del anterior supercontinente de Gondwana chocaron con Eurasia al norte, cerrando el extremo oriental del mar de Tetis y dejando en su lugar un residuo muy mermado, el Mediterráneo. Las fuerzas de compresión generadas por la colisión contribuyeron a elevar un extenso sistema de cadenas de montañas, desde los Alpes en el Oeste hasta el Himalaya en el Este. Mientras tanto, la placa australiana chocaba contra la indonesia, y la norteamericana había empezado a solaparse sobre la del Pacífico.

Como resultado, el proceso de expansión de suelo marino originado en la dorsal del este del Pacífico se desvió a una dirección perpendicular al eje de la dorsal. Se produjo una gran falla la famosa falla de San Andrés, en San Francisco, generadora de terremotos para compensar este cambio en el movimiento entre placas. El clima siguió siendo subtropical y húmedo en toda Norteamérica y Europa, pero había comenzado una tendencia al enfriamiento global a largo plazo, que culminaría en los periodos glaciales del pleistoceno.

Los mamíferos estaban ya establecidos en el oligoceno como forma de vida terrestre dominante. El caballo siguió evolucionando en Norteamérica. Tanto en el Viejo como en el Nuevo Mundo vivían tres grupos de rinocerontes; uno de ellos, hoy extinto, incluía el *Baluchitherium* de Asia central, de 5,5 m de alzada y 7,6 m de longitud el mamífero terrestre más grande de todos los tiempos. Otra tribu de mamíferos extintos, los titanoterios, similares a rinocerontes, incluía al *Brontotherium*, el animal terrestre más grande de Norteamérica durante aquel periodo. Medía 2,4 m a la altura de la cruz. El grupo extinto de los calicoterios, propio de Norteamérica y Asia, se caracterizaba por tener el cráneo similar al de un caballo, el cuerpo parecido al de un camello y garras largas y estrechas.

Los camellos del oligoceno, que tenían por aquel entonces el tamaño de ovejas, se extinguieron en Norteamérica, pero algunos emigraron a Sudamérica junto con los pécaris y los tapires. Mientras tanto, grandes rebaños de oreodontos (primos del camello, similares a cerdos) pastaban en las llanuras de Norteamérica al igual que los de entelodontos (cerdos gigantes con número par de dedos), nativos también del mismo continente; ambos grupos se extinguieron en el mioceno. Los primeros elefantes formas cortas, semiacuáticas, carentes tanto de colmillos como de trompa dieron lugar, en África, a los mastodontes, que no medían aún más que 1,5 m de altura. Los creodontos se habían diferenciado ya para dar lugar a perros y gatos; estos últimos comprendían dos grupos; de uno de ellos surgió el machairodus o tigre dientes de sable. Los roedores estaban ya muy extendidos, y entre los primates se encontraban el tarsero y el lémur. Por último, de los estratos del oligoceno se han extraído huesos de los primeros monos del Viejo Mundo, así como los de una única especie de gran simio.

Mioceno: El mioceno es la cuarta división del periodo terciario del cenozoico, que comenzó hace 26 millones de años y finalizó hace 12 millones de años.

La elevación de las grandes cordilleras montañosas que había comenzado como resultado de la colisión entre placas tectónicas durante el oligoceno, siguió adelante. Entre estas cordilleras, las principales fueron los Alpes en Europa, el Himalaya en Asia y las cadenas montañosas del continente americano. Los sedimentos producidos por la erosión de estos sistemas se depositaron en cuencas marinas poco profundas, para terminar convirtiéndose en la localización de ricos depósitos petrolíferos en California, Rumania y la costa oeste del mar Caspio.

El clima del mioceno era más fresco que el de la época precedente. En el hemisferio sur se había establecido ya un sistema circumplanetario de corrientes oceánicas, que aislaba a la Antártida de las corrientes más cálidas del resto del mundo. Esto favoreció la aparición de un gran casquete de hielo antártico. En el hemisferio norte, grandes áreas antes cubiertas por espesos bosques se convirtieron en grandes praderas. La fauna del mioceno incluía una serie de mamíferos, entre ellos el rinoceronte, el camello, el gato y el caballo. El mastodonte hizo también su aparición, al igual que el mapache y la comadreja. Durante esta época, los grandes simios, relacionados con el orangután, vivían en Asia y en la parte sur de Europa; estos simios del mioceno son los parientes más próximos de los simios humanoides que aparecieron en el plioceno.

Plioceno: Y el plioceno es la quinta y última división del terciario en el cenozoico dentro de la escala de tiempos geológicos: se extiende desde hace 12 millones de años hasta 2 millones de años atrás. Como el mioceno precedente, el plioceno fue denominado y definido por el geólogo británico Charles Lyell basándose en el porcentaje de moluscos encontrados en los registros fósiles.

Durante el plioceno, en el oeste de Norteamérica, la subducción de la placa tectónica del Pacífico contribuyó a la elevación de Sierra Nevada y de la Cordillera volcánica de las Cascadas. En Europa, los Alpes continuaron su ascensión apoyados por el movimiento de la tectónica de placas que empujaba y combaba la corteza en una región amplia de este continente. El clima se hizo más frío y seco con la aproximación de los periodos glaciales del pleistoceno. Los mamíferos se habían establecido desde hacía tiempo como la forma de vida terrestre dominante y la evolución rápida de un grupo, los primates, produjo especies consideradas antepasados directos del *Homo sapiens*.

Era Cuaternaria: Los hielos y los hombres.

Intervalo de tiempos geológicos del cenozoico, posterior al terciario. Comenzó al final del periodo terciario, hace unos 2,5 millones de años, y comprende hasta nuestros días: es la era más corta. Se caracteriza por la formación de las glaciaciones y por la aparición del hombre. Varias veces el hielo recubre una gran parte de la tierra. La última glaciación finalizó hace unos 10.000 años. El cuaternario se divide en pleistoceno, que incluye los periodos glaciales, que es la primera y más larga parte del periodo, y época reciente o postglacial, también llamada holoceno, que llega hasta nuestros días.

Pleistoceno: así llamado por el geólogo británico Charles Lyell en 1839, viene inmediatamente después del plioceno en la escala de tiempos geológicos, y se extiende desde comienzos del cuaternario hasta hace unos 10.000 años. Fue definido en función de la proporción de especies de moluscos y crustáceos aún vivos y extintos presentes en el registro fósil. Los estratos que contenían entre un 90 y un 100% de especies vivas fueron asignados a este periodo. Los sistemas montañosos alcanzaron su altura y configuración aproximadas por acción de la erosión durante el pleistoceno tardío.

El pleistoceno se caracterizó por la extensión del hielo en forma de glaciares sobre más de una cuarta parte de la superficie terrestre del planeta. Un sistema glacial europeo estaba centrado sobre Escandinavia, y se extendía al sur y al este a través del norte de Alemania y el oeste de Rusia, y hacia el suroeste sobre las islas Británicas. El segundo gran sistema glacial del hemisferio norte cubría la mayor parte de Siberia. En Norteamérica, un sistema glacial cubrió Canadá y se extendió al sur hasta Estados Unidos. En el este de Estados Unidos, la glaciación se extendió hasta Pensilvania al sur, y desde el océano Atlántico hacia el oeste hasta el río Missouri; otra sábana de hielo fluía de las faldas de las montañas Rocosas y otras cordilleras experimentaron la glaciación, llegando incluso hasta Nuevo México y Arizona. Las regiones ártica y antártica estaban también cubiertas de hielo, al igual que la mayoría de los picos de las montañas altas de todo el mundo. Los efectos topográficos de la acción de los glaciares durante el pleistoceno son perceptibles en buena parte del mundo.

El pleistoceno es llamado a veces la era del Hombre porque se cree que los primeros seres humanos evolucionaron en ella. La flora y fauna dominantes en esta época, que existía en las regiones libres de hielo, eran esencialmente las mismas que las del plioceno. A finales del pleistoceno, no obstante, en Norteamérica se habían extinguido muchas especies de mamíferos, incluyendo la llama, el camello, el tapir, el caballo y el yak. Otros grandes mamíferos, como el mastodonte, el tigre de dientes de sable y el perezoso terrestre, se extinguieron en todo el mundo. Mientras se acumulaba hielo y nieve en latitudes altas, en las latitudes más bajas aumentaban las lluvias, lo que permitió que la vida vegetal y animal floreciera en áreas del norte y el este de África que hoy son yermas y áridas. Se han descubierto pruebas de que el Sahara estuvo ocupado por cazadores nómadas, así como por jirafas y otros rumiantes durante el pleistoceno tardío.

Durante la época reciente, que comenzó hace unos 10.000 años, el deshielo hizo que el nivel del mar subiera

treinta o más metros, inundando grandes superficies de tierra y ensanchando la plataforma continental del oeste de Europa y el este de Norteamérica.

Pangea:

Gondwana– Nombre dado por los geólogos a un continente austral, paleozoico, que se supone estaba formado por las tierras que hoy son América del sur, África con Madagascar, Australia, Antártida y la India, y separado de las tierras septentrionales por el mar de Tethys. Al principio de la era mesozoica se debió iniciar su fragmentación en dos bloques, uno australiano y otro Africano–Brasileño.

Laurasia– Continente nórdico que existió durante el mesozoico, formado por los actuales Norteamérica, Groenlandia, Europa y así, excepto la península indostánica.

Hasta la aparición del hombre.

Hace 4500 millones de años → La Tierra es una masa en fusión de la que se desprenden gases tóxicos. No es posible ningún tipo de vida. Después comienza un lento proceso de enfriamiento. Durante millones de años llueve.

Hace 3000 millones de años → Las primeras señales de vida. Aparecen en los océanos células vivas, que se asemejan a las bacterias.

Hace 100 millones de años → El mar es un medio lleno de vida: algas, gusanos, esponjas, medusas... se multiplican.

Hace 600 millones → Aparición de invertebrados (el más extendido es el trilobites) y animales con concha.

Hace 480 millones de años → Aparición de los primeros vertebrados: los peces. Los peces más antiguos conocidos, como el eusthenophon, carecen de mandíbula. Tienen el cuerpo protegido por un caparazón.

Hace 300 millones de años → Del mar a la tierra. El primer vertebrado que se aventura a salir del agua es el anfibio. El ichthyostega respira mediante pulmones y reptar. Tiene que volver al agua para poner huevos. A los anfibios suceden los reptiles: el dimetrodon (carnívoro) y el pteranodon (que es un reptil que vuela)...

Hace 200 millones de años → Un período glacial hace desaparecer la mayor parte de los reptiles. Sólo los más resistentes consiguen adaptarse. Su sangre se calienta. Durante cerca de 130 millones de años, los dinosaurios ocupan la Tierra. Después la pueblan a su vez pájaros y mamíferos.

Hace 70 millones de años → Desaparición de los dinosaurios. Mamíferos y pájaros se multiplican. Con los primates comienza una lenta transformación hasta los homínidos.

Hace 3 millones de años → Aparece sobre el planeta el Australopithecus, un primate evolucionado, que se sostiene en pie. Talla los guijarros y los utiliza para matar la caza y defenderse de los mamíferos carnívoros. Continúa la transformación de los homínidos. Después aparece el hombre en su forma actual.

INTRODUCCIÓN:

Geología (del griego, *geo*, 'tierra' y *logos*, 'conocimiento', por lo tanto, tratado o conocimiento de la Tierra), campo de la ciencia que se interesa por el origen del planeta Tierra, su historia, su forma, la materia que lo configura y los procesos que actúan o han actuado sobre él. Es una de las muchas materias relacionadas como ciencias de la Tierra, o geociencia, y los geólogos son científicos de la Tierra preocupados por las rocas y por los materiales derivados que forman la parte externa de la Tierra. Para comprender estos cuerpos, se sirven de

conocimientos de otros campos, por ejemplo de la física, química y biología. De esta forma, temas geológicos como la geoquímica, la geofísica, la geocronología (que usa métodos de datación) y la paleontología, ahora disciplinas importantes por derecho propio, incorporan otras ciencias, y esto permite a los geólogos comprender mejor el funcionamiento de los procesos terrestres a lo largo del tiempo.

Aunque cada ciencia de la Tierra tiene su enfoque particular, todas suelen superponerse con la geología. De esta forma, el estudio del agua de la Tierra en relación con los procesos geológicos requiere conocimientos de hidrología y de oceanografía, mientras que la medición de la superficie terrestre utiliza la cartografía (mapas) y la geodesia (topografía). El estudio de cuerpos extraterrestres, en especial de la Luna, de Marte y de Venus, también aporta pistas sobre el origen de la Tierra. Estos estudios, limitados en un primer momento a las observaciones telescópicas, recibieron un gran impulso con la exploración del espacio que empezó en la década de los años sesenta.

Como ciencia mayor, la geología no sólo implica el estudio de la superficie terrestre, también se interesa por las partes internas del planeta. Este conocimiento es de básico interés científico y está al servicio de la humanidad. De esta forma, la geología aplicada se centra en la búsqueda de minerales útiles en el interior de la tierra, la identificación de entornos estables, en términos geológicos, para las construcciones humanas y la predicción de desastres naturales asociados con las fuerzas geodinámicas que se describen más adelante.

Historia del pensamiento geológico

Los pueblos antiguos consideraban muchas características y procesos geológicos como la obra de dioses. Observaban el entorno natural con miedo y admiración, como algo peligroso y misterioso. Así, los antiguos sumerios, babilonios y otros pueblos, pese a realizar descubrimientos notables en matemáticas y astronomía, erraban en sus investigaciones geológicas al hacer una simple personificación de los procesos geológicos. Las leyendas irlandesas, por ejemplo, sugerían que los gigantes eran responsables de algunos fenómenos naturales, como la formación por meteorización de las columnas basálticas conocidas ahora como el Camino de los Gigantes. Estos mitos también eran corrientes en las civilizaciones del Nuevo Mundo; por ejemplo, los pueblos indígenas americanos pensaban que los surcos en los flancos de lo que se llegó a conocer como Torre del Diablo en Wyoming eran las huellas de las garras de un oso gigante. Otras culturas como los mixtecos (México), sostienen en sus tradiciones que sus dioses titulares los guiaron a la zona montañosa de Oaxaca, Guerrero y Puebla, de donde emergieron las primeras dinastías.

Desde la antigüedad hasta la edad media

De modo similar, en la Grecia y Roma antiguas, muchos de los dioses estaban identificados con procesos geológicos. Por ejemplo, las erupciones volcánicas de Sicilia eran atribuidas a Vulcano. Se atribuye al filósofo griego Tales de Mileto, del siglo VI a.C., la primera ruptura con la mitología tradicional. Consideraba los fenómenos geológicos como sucesos naturales y ordenados que pueden ser estudiados a la luz de la razón y no como intervenciones sobrenaturales. El filósofo griego Demócrito hizo progresar esta filosofía con la teoría según la cual toda la materia se componía de átomos. Basándose en esta teoría, ofreció explicaciones racionales de todo tipo de procesos geológicos: los terremotos, las erupciones volcánicas, el ciclo del agua, la erosión y la sedimentación. Sus enseñanzas fueron expuestas por el poeta romano Lucrecio en su poema *Sobre la naturaleza de las cosas*. Aristóteles, uno de los filósofos de la naturaleza más influyente de todos los tiempos, descubrió en el siglo IV a.C. que las conchas fósiles encajadas en estratos de roca sedimentaria eran similares a las encontradas en las playas. Con esta observación supuso que las posiciones relativas de la tierra y del mar habían fluctuado en el pasado y comprendió que estos cambios requerirían grandes periodos de tiempo. Teofrasto, discípulo de Aristóteles, contribuyó al pensamiento geológico escribiendo el primer libro de mineralogía. Se llamaba *Sobre las piedras*, y fue la base de la mayoría de las mineralogías de la edad media y de épocas posteriores.

El renacimiento

El renacimiento marcó el verdadero inicio del estudio de las ciencias de la Tierra; la gente empezó a observar los procesos geológicos mucho más que los griegos clásicos lo hicieron. Si Leonardo da Vinci no fuera tan conocido como pintor o ingeniero, lo sería como pionero de la ciencia natural. Se dio cuenta, por ejemplo, de que los paisajes están esculpidos por fenómenos de erosión, y de que las conchas fósiles de las piedras calizas de los Apeninos eran los restos de organismos marinos que habían vivido en el fondo de un mar antiguo que debía de haber cubierto Italia.

Después de Leonardo, el filósofo de la naturaleza francés Bernard Palissy escribió sobre la naturaleza y el estudio científico de los suelos, de las aguas subterráneas y de los fósiles. Los trabajos clásicos sobre minerales de este periodo fueron escritos, sin embargo, por Georgius Agricola, un alemán experto en minería que publicó *De Re Metallica* (1556) y *De Natura Fossilium* (1546). Agricola recopiló los desarrollos más recientes de geología, mineralogía, minería y metalurgia de su época; sus trabajos fueron traducidos con profusión.

Siglo XVII

Niels Stensen, un danés más conocido por la versión latina de su nombre, Nicolaus Steno sobresale entre los geocientíficos del siglo XVII. En 1669 demostró que los ángulos interfaciales de los cristales de cuarzo eran constantes, con independencia de la forma y del tamaño de los cristales y que, por extensión, la estructura de otras especies cristalinas también sería constante. Así, al llamar la atención sobre el significado de la forma de los cristales, Steno sentó las bases de la ciencia cristalográfica. Sus observaciones sobre la naturaleza de los estratos de roca le llevaron a formular la ley de la superposición, uno de los principios básicos de la estratigrafía.

Siglos XVIII y XIX

El pensamiento geológico del siglo XVIII se caracterizó por los debates entre escuelas opuestas. Los plutonistas, que proponían que todas las rocas de la Tierra se solidificaron a partir de una masa fundida y que luego fueron alteradas por otros procesos, se oponían a los neptunistas, cuyo principal exponente fue el geólogo alemán Abraham Gottlob Werner. Werner proponía que la corteza terrestre consistía en una serie de capas derivadas de material sedimentario depositadas en una secuencia regular por un gran océano, como en las capas de una cebolla. Por el contrario, el geólogo escocés James Hutton y los plutonistas, como eran llamados sus seguidores, distinguían las rocas sedimentarias de las intrusivas de origen volcánico.

En 1785, Hutton introdujo el concepto de uniformitarianismo según el cual la historia de la Tierra puede ser interpretada sirviéndose sólo de los procesos geológicos ordinarios conocidos por los observadores modernos. Pensó que muchos de estos procesos, actuando de manera muy lenta como lo hacen ahora, tardarían millones de años en crear los paisajes actuales. Esta teoría contradecía todas las opiniones teológicas de su tiempo que consideraban que la Tierra tendría unos 4.000 años. Los antagonistas de Hutton, liderados por el naturalista francés Georges Cuvier, creían que cambios bruscos y violentos catástrofes naturales como inundaciones y seísmos eran los responsables de las características geológicas terrestres. Por esta razón se les denominaba catastrofistas.

El debate enfervorizado establecido entre estas dos escuelas empezó a declinar hacia el lado de los uniformitarios con la publicación de los *Principios de Geología* (1830–1833) de Charles Lyell. Nacido en 1797, año de la muerte de Hutton, Lyell se convirtió en la mayor influencia sobre la teoría geológica moderna, atacando con valentía los prejuicios teológicos sobre la edad de la Tierra y rechazando los intentos de interpretación de la geología bajo la luz de las Escrituras.

En las colonias de América del Norte, el conocido topógrafo, delineante y cartógrafo Lewis Evans había hecho notables contribuciones al saber geológico de América antes del influyente trabajo de Lyell. Para Evans era evidente que la erosión de los ríos y los depósitos fluviales eran procesos que habían ocurrido en el

pasado. Además, a lo largo de su trabajo, apareció el concepto de isostasia: la densidad de la corteza terrestre decrece al crecer su espesor.

Junto al trabajo de Lyell, los principales avances de la geología en el siglo XIX fueron las nuevas reacciones contra los conceptos tradicionales, la promoción de la teoría glacial, el inicio de la geomorfología en América, las teorías sobre el crecimiento de las montañas y el desarrollo de la llamada escuela estructuralista.

Teoría glacial

La teoría glacial derivó del trabajo de Lyell, entre otros. Propuesta por primera vez hacia 1840 y aceptada después universalmente, esta teoría enuncia que los depósitos glaciales han sido depositados por glaciares y planos de hielo en un movimiento lento desde latitudes altas hasta otras más bajas durante el pleistoceno. El naturalista suizo Horace Bénédicte de Saussure fue uno de los primeros en creer que los glaciares de los Alpes tenían la fuerza suficiente para mover grandes piedras. El naturalista estadounidense de origen suizo Louis Agassiz interpretó de forma muy precisa el impacto ambiental de este agente erosivo y de transporte, y junto a sus colegas, acumuló diversas evidencias que apoyaron el concepto del avance y del retroceso glacial en los glaciares continentales y montañosos.

Estratigrafía

El geólogo británico William Smith hizo progresar la estratigrafía al descubrir los estratos de Inglaterra y representarlos en un mapa geológico que hoy permanece casi inalterado. Smith, en un primer momento, investigó los estratos a lo largo de distancias relativamente cortas; luego, correlacionó unidades estratigráficas del mismo periodo pero con distinto contenido en rocas. Después del desarrollo de la teoría de la evolución de Charles Darwin en el siglo XIX, se pudo llegar al principio de la sucesión de la fauna. Según este principio, la vida en cada periodo de la historia terrestre es única, los restos fósiles son una base para el reconocimiento de los yacimientos que les son contemporáneos y pueden ser usados para reunir fragmentos registrados dispersos en una secuencia cronológica conocida como escala geológica.

Ciclos de actividad geológica

Muchos geólogos del siglo XIX comprendieron que la Tierra es un planeta con actividad térmica y dinámica, tanto en su interior como en su corteza. Los que eran conocidos como estructuralistas o neocatastrofistas creían que los trastornos catastróficos o estructurales eran responsables de las características topográficas de la Tierra. Así, el geólogo inglés William Buckland y sus seguidores postulaban cambios frecuentes del nivel marino y cataclismos en las masas de tierra para explicar las sucesiones y las roturas, o disconformidades, de las secuencias estratigráficas. Por el contrario, Hutton consideraba la historia terrestre en términos de ciclos sucesivos superpuestos de actividad geológica. Llamaba cinturones orogénicos a las cintas largas de rocas plegadas, que se creía que eran resultado de una variedad de ciclos, y orogénesis a la formación de montañas por los procesos de plegamiento y de elevación. Otros geólogos apoyaron más tarde estos conceptos y distinguieron cuatro grandes periodos orogénicos: el huronense (final de la era precámbrica); el caledoniano (principio de la era paleozoica); el herciniano (final de la era paleozoica) y el alpino (final del periodo cretácico).

Estudio de campo

La exploración del Medio Oeste en el siglo XIX suministró todo un cuerpo nuevo de datos geológicos que tuvieron un efecto inmediato en la teoría geomorfológica. Las primeras expediciones de medición en esta zona fueron lideradas por Clarence King, Ferdinand Vandever Hayden y John Wesley Powell, entre otros, bajo los auspicios del gobierno. Grove Karl Gilbert, el más sobresaliente de los colaboradores de Powell, reconoció un tipo de topografía causada por fallas en la corteza terrestre y dedujo un sistema de leyes que gobierna el desarrollo de los continentes. También en Argentina, el antropólogo y geólogo Florentino Ameghino

(1854–1911) desarrolló una labor intensa en toda América del Sur, especialmente en el Cono Sur. Evolucionista en la dirección de Lyell y Darwin, publicó, entre otras obras, *Geología, paleografía, paleontología y antropología de la República Argentina* (1910).

Siglo XX

Los avances tecnológicos de este siglo han suministrado herramientas nuevas y sofisticadas a los geólogos y les han permitido medir y controlar los procesos terrestres con una precisión antes inalcanzable. En su teoría básica, el campo de la geología experimentó una gran revolución con la introducción y el desarrollo de la hipótesis de la tectónica de placas que establece que la corteza de la Tierra se divide en varias placas que se mueven, chocan o se alejan en intervalos geológicos. Se considera ahora que las placas grandes empiezan en dorsales oceánicas y de otros tipos, llamados centros de extensión, y se mueven hacia fosos submarinos, o zonas de subducción, donde la materia de la corteza desciende de nuevo. Los lugares de la Tierra donde se producen los grandes terremotos tienden a situarse en los límites de estas placas sugiriendo que la actividad sísmica puede interpretarse como el resultado de movimientos horizontales de éstas.

Esta hipótesis se relaciona con el concepto de deriva continental, propuesta por el geofísico alemán Alfred Wegener en 1912. Fue apoyada más tarde por la exploración de las profundidades marinas, gracias a la cual se obtuvieron pruebas de que el fondo marino se extiende, creando un flujo de corteza nueva en las dorsales oceánicas. El concepto de la tectónica de placas se ha relacionado desde entonces con el origen y el crecimiento de los continentes, con la generación de corteza continental y oceánica y con su evolución temporal. De esta forma, los geólogos del siglo XX han desarrollado una teoría para unificar muchos de los procesos más importantes que dan forma a la Tierra y a sus continentes.