

TEMA 1. INTRODUCCIÓN A LA GEOLOGÍA

1. INTRODUCCIÓN A LA GEOLOGÍA

La Geología (del griego *geo*, “Tierra”, y *logos*, “estudio, tratado”, trata de comprender todos los aspectos del planeta Tierra. Dentro de esta ciencia, la Geología física, estudia los materiales del planeta y los procesos que actúan tanto en su interior como en la superficie terrestre.

La Tierra es un “ente” cambiante, nunca ha permanecido igual desde su formación, como probaron las teorías movi listas del siglo XIX y, sobre todo, del XX. Los cambios en el planeta son a veces muy rápidos (terremotos, volcanes, cataclismos...), pero las más de las veces son procesos tan lentos y extendidos en el tiempo que son difíciles de comprender a la escala temporal humana. Además, estos cambios pueden afectar a estructuras microscópicas o a continentes enteros.

La Geología se ayuda de los conocimientos y técnicas de la Biología, la Física y la Química, como se verá en capítulos posteriores.

1.1. LA GEOLOGÍA Y EL HOMBRE

Aunque la Geología trata básicamente de los aspectos referidos a nuestro planeta, se estudiarán igualmente muchas de las relaciones entre el ser humano y el medio físico.

Muchas de las cuestiones consideradas por la Geología son de interés práctico para las personas:

- **Los riesgos naturales:** afectan cada día a más personas. Volcanes, terremotos, inundaciones, son procesos naturales con efectos sobre las poblaciones humanas.
- **Los recursos:** agua, suelo, minerales, energía, son la base de nuestra civilización y elementos que la Geología estudia desde la formación hasta su aprovechamiento e impacto ambiental.
- **El territorio:** la población humana, cada vez mayor y más extendida (en 1800 había mil millones de personas; 4.000 millones en 1970 y 7.000 millones en 2011), demanda cada vez más recursos y ocupa más territorios potencialmente peligrosos.
- **Influencia en el medio:** así como los procesos geológicos influyen en las poblaciones, también los seres humanos modifican el entorno, a veces de manera drástica y peligrosa.

2. RESEÑAS HISTÓRICAS ACERCA DE LA GEOLOGÍA

Algunas reseñas históricas sobre la geología:

A

Antigüedad. Los escritos sobre cuestiones geológicas datan de más de 2.300 años.

Fueron los griegos los primeros en hacer estudios sistemáticos sobre diversos aspectos del medio natural.

Los escritos de Aristóteles, en su mayoría basados en meras opiniones sin fundamento, lastraron el conocimiento geológico durante siglos, debido al prestigio del filósofo griego, aunque algunas de sus ideas sobre los mares y las tierras podrían considerarse “gradualistas”.

Catastrofismo. Durante la Edad Media y hasta el s. XVIII, la interpretación literal de los principales textos religiosos llevaron a considerar a la Tierra como un planeta “joven”, con sólo unos pocos miles de años. Ello condujo a pensar que la formación de accidentes como valles, montañas, cañones, ... se debieron a grandes catástrofes geológicas de escala planetaria.

Geología moderna. El concepto actual de Geología nace en el s. XVII con las ideas de James Hutton y su **uniformismo** (*Theory of the Earth*, 1795): *las leyes físicas, químicas y biológicas que actúan hoy, lo han hecho también en el pasado geológico.* Para comprender el pasado de la Tierra hay que entender los procesos actuales: *el presente es la clave del pasado.*

Las abrumadoras pruebas aportadas por Hutton llevaron al replanteamiento de la edad del planeta, que fue ampliándose progresivamente desde unos pocos cientos de miles a varios millones y miles de millones de años.

A su vez, una Tierra mucho más antigua no precisaba de continuos acontecimientos catastróficos (aunque no los desecha por completo, pues admite su ocurrencia irregular), con lo que el uniformismo se fue imponiendo como explicación de los fenómenos geológicos, abriendo la posibilidad de entender la casi inabarcable historia geológica de nuestro planeta.

3. EL TIEMPO GEOLÓGICO

Hasta el s. XIX no se obtuvieron las herramientas apropiadas para datar con exactitud las diferentes estructuras y acontecimientos geológicos (en 1896 se descubre la radiactividad: Henri Becquerel en sales de uranio). Actualmente se calcula la edad de la Tierra en unos 4.470 millones de años (última datación de 2010).

3.1. DATACIÓN RELATIVA Y ESCALA DE TIEMPO GEOLÓGICO

Antes del descubrimiento de la radiactividad, los geólogos habían establecido una escala de tiempo geológico gracias a la **datación relativa**: ordenación de los acontecimientos en la secuencia correcta sin conocer su edad exacta en años.

La datación relativa se basa en una serie de *principios* entre los que destacan:

- **El principio de superposición o de Steno:** las capas de sedimentos (o las coladas de lava) se disponen de forma que las más recientes están en la parte superior y las más antiguas en la inferior.

Escala de los tiempos geológicos					
Eón	Era	Periodo	Época	Intervalo (Millones de años)	Duración (Millones de años)
Fanerozoico	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	- 0.01	0.01
			Pleistoceno	0.01 - 1.8	1.79
		Terciario	Plioceno	1.8 - 5	3.2
			Mioceno	5 - 23	18
			Oligoceno	23 - 37	14
			Eoceno	37 - 55	18
	Paleoceno	55 - 65	10		
	Mesozoico	Cretácico	65 - 140	75	
		Jurásico	140 - 210	70	
		Triásico	210 - 250	40	
	Paleozoico	Pérmico	250 - 290	40	
		Carbonífero	290 - 360	70	
		Devónico	360 - 410	50	
		Silúrico	410 - 440	30	
Ordovícico		440 - 500	60		
Cámbrico		500 - 590	90		
Precámbrico	Proterozoico	Superior	590 - 900	310	
		Medio	900 - 1600	700	
		Inferior	1600 - 2500	900	

- **Principio de sucesión biótica:** (derivado de la teoría evolutiva de Darwin) los organismos biológicos se han sucedido en una secuencia y orden definido y definible, por lo que los fósiles permiten reconocer cualquier periodo geológico.

Estos principios permitieron la identificación de rocas de la misma edad en lugares diferentes y establecer la escala de tiempo geológico que aparece en la figura.

Como es lógico, las edades se añadieron mucho después y los periodos actuales se conocen mucho mejor que los más antiguos por la mayor presencia de fósiles.

3.2. **MAGNITUD DEL TIEMPO GEOLÓGICO**

El concepto de “tiempo geológico” choca con la percepción del tiempo de las personas. El problema es de escala. Mientras los humanos tomamos como unidad de referencia el “año”, en Geología se manejan períodos de millones y miles de millones de años. La magnitud del tiempo geológico es prácticamente inabarcable para la mente humana, lo que dificulta su comprensión para los no iniciados.

4. EL SISTEMA TIERRA

Las diversas “capas” o “esferas” de la Tierra interactúan formando un todo complejo y dinámico que se ha dado en llamar **sistema Tierra**.

4.1. **ESTUDIO DE SISTEMAS**

Un sistema es un conjunto de partes interactuantes que funcionan como un todo. En un sistema el conjunto es más que la suma de las partes, pues de la interacción nacen nuevas propiedades (*propiedades emergentes*) que no están en sus partes constituyentes.

La Tierra, desde ese punto de vista, es un sistema y sólo podremos entenderla comprendiendo cómo interaccionan sus partes.

Los sistemas pueden clasificarse en **cerrados** (que intercambian energía, pero no materia con el exterior) y **abiertos** (que intercambian tanto materia como energía).

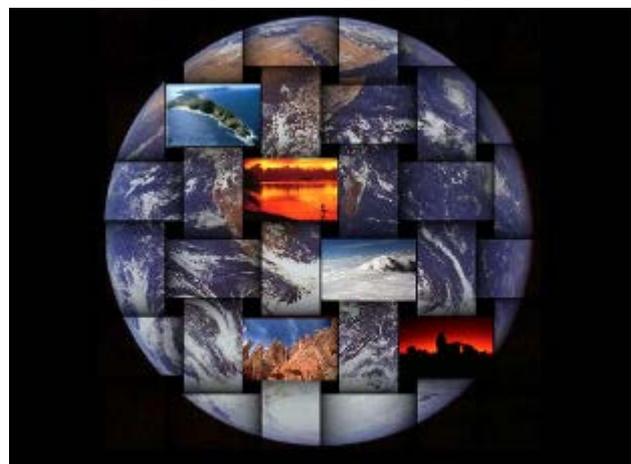
Los sistemas naturales suelen presentar diversos mecanismos que los estabilizan o desestabilizan. Cuando un mecanismo de un sistema tiende a equilibrarlo, a mantenerlo sin cambio, se le denomina **mecanismo de realimentación negativa**. Por el contrario, aquellos mecanismos que potencian el cambio y desequilibran el sistema se llaman **mecanismos de realimentación positiva**.

Ambos tipos son muy abundantes en el sistema Tierra, lo que hace extraordinariamente difícil su estudio y, sobre todo, las predicciones de cómo será en el futuro.

4.2. **EL SISTEMA TIERRA**

En el sistema Tierra se integran infinidad de subsistemas en los que la materia se recicla indefinidamente. Por tanto, podemos

considerarlo como un sistema cerrado, sin intercambio de materia, aunque sí de energía.



Hay dos fuentes básicas de energía en la Tierra. Una es el Sol, que es el motor de los procesos externos (tiempo, clima, erosión, circulación oceánica...). La segunda fuente es el calor interno del planeta, debido al calor remanente de la formación de la Tierra y al generado por la desintegración radiactiva. Este calor impulsa los procesos internos (volcanes, terremotos, orogénesis, ...).

Cada parte del sistema Tierra, incluidos los seres humanos, está relacionada y un cambio en una de ellas conlleva cambios en las demás.

5. HIDROSFERA, ATMÓSFERA, BIOSFERA Y LA TIERRA

La Tierra no es sólo rocas y suelo, vista desde el espacio se aprecia su gran complejidad y se entiende la separación tradicional en partes o “esferas”: la **atmósfera**, o parte gaseosa; la **hidrosfera**, o parte acuosa; y la **geosfera**, o parte rocosa y sólida.

Pero, además, ninguna de esas partes está aislada, sino que existe una interrelación y una



interacción continua entre ellas, de forma que cada una puede alterar al resto y ser alterada del mismo modo.

Finalmente, existe una cuarta “esfera” en la Tierra, única y exclusiva hasta donde sabemos, la **biosfera**, formada por todos los seres vivos del planeta, que interacciona con todas las demás y es influida por ellas.

5.1. **HIDROSFERA**

La Tierra es el único planeta conocido que presenta agua en sus tres estados corrientes: líquida, sólida y gaseosa. Al conjunto de toda el agua del planeta se le llama **hidrosfera**. En ella destacan los océanos, pero también hay agua en la atmósfera, los glaciares, las corrientes, el interior de la Tierra y los seres vivos.

5.2. **ATMÓSFERA**

La capa gaseosa que rodea la Tierra es la **atmósfera**. Es una capa delgada y ténue, pero posibilita la respiración de los seres vivos, la protección de las radiaciones, el equilibrio térmico del planeta y los efectos del clima. Sin ella no habría vida.

5.3. **BIOSFERA**

Toda la vida terrestre constituye la **biosfera**. Se localiza cerca de la superficie y modifica activamente la atmósfera, la hidrosfera y la geosfera.

5.4. **GEOSFERA**

La mayor parte de nuestro planeta es roca sólida, la **geosfera**. La parte superficial se conoce bastante bien, pero el interior de la Tierra aún guarda muchos misterios.

6. EVOLUCIÓN DE LA TIERRA

La Tierra es uno de los 8 planetas que, junto a varias decenas de lunas y un gran número de otros cuerpos más pequeños, gira alrededor del Sol, formando el Sistema Solar, de límites aún inciertos. El estudio de todos estos cuerpos ha llevado a la conclusión de que todos ellos se formaron más o menos al mismo tiempo y de la misma materia básica que el Sol.

Aunque se han dado numerosas teorías para explicar la formación del Sistema Solar, la más coherente y fundada es la **hipótesis de la nebulosa primitiva o planetesimal**: hace unos 5.000 millones de años una inmensa nebulosa de gas y polvo, la **nebulosa solar**, comenzó a contraerse lentamente.

La nebulosa estaba formada por gases producidos en los primeros tiempos del universo (hidrógeno y helio), así como de partículas más pesadas formada en estrellas que murieron y explotaron. El colapso de la nebulosa pudo deberse a la onda de choque de la explosión de una *supernova* cercana, lo que explicaría, además, la presencia de materiales extraños y pesados como el oro o el uranio.

Al contraerse, la nube comenzó a girar cada vez más deprisa, convirtiéndose en un disco plano, con la mayor parte de su materia concentrada en el centro (*protosol*). La contracción calentó la nebulosa hasta descomponer las partículas de polvo en átomos. Sólo en regiones lejanas al centro la temperatura permitió la presencia de hielo de diferentes compuestos (agua, metano, dióxido, amoníaco), que aún persiste en los confines del Sistema Solar (*Nube de Oort*).

Cuando la temperatura fue lo suficientemente alta, el protosol comenzó las reacciones de fusión nuclear y se convirtió en una estrella. Así terminó el periodo de contracción y, por tanto, de calentamiento, por lo que las partículas de polvo formadas por hierro, níquel, silicio, calcio, sodio, etc., se condensaron y empezaron a unirse. Con el tiempo dieron lugar a grandes fragmentos rocosos llamados *protoplanetas* o *planetesimales*, que siguieron creciendo hasta formar los planetas interiores del sistema: Mercurio, Venus, Tierra y Marte. Otros fragmentos quedaron aislados formando *asteroides*.

El choque de los planetesimales aumentó la temperatura de los planetas en formación, por lo que los gases más ligeros escaparon de ellos. Estos gases, junto al hidrógeno y al helio expulsados por los vientos solares, dieron origen a los planetas gaseosos gigantes: Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno, que por ello son enormes y de baja densidad.

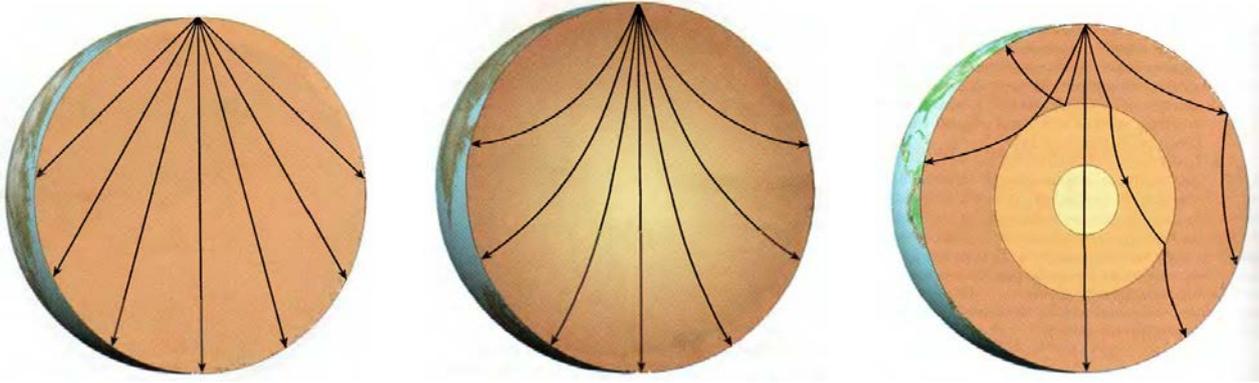
6.1. FORMACIÓN DE LAS CAPAS DE LA TIERRA

A medida que la Tierra se formaba por el choque de los planetesimales, este choque y la desintegración de los materiales radiactivos elevaron la temperatura del planeta hasta la fusión de la mayoría de sus materiales. Debido a la gravedad, los más pesados, como el hierro y el níquel, se hundieron hacia el centro (*catástrofe del hierro*), originando el núcleo pesado y metálico del planeta. Los materiales más ligeros, como silicio, aluminio, magnesio, calcio, etc., ascendían a la superficie y, al enfriarse, daban lugar a la primitiva *corteza* terrestre y al *manto*. Los gases que escaparon del interior formaron la atmósfera primitiva y, al menos, parte de los océanos, que contribuyeron a la aparición de la vida.

La corteza primitiva desapareció por la erosión y en los últimos 4.000 millones de años se fue formando la corteza actual, por mecanismos aún no comprendidos.

7. EL INTERIOR DE LA TIERRA

 Si el interior de la Tierra fuera homogéneo, las ondas sísmicas se propagarían en línea recta. Sin embargo, al aumentar la velocidad con la profundidad, en realidad se propagan siguiendo líneas curvas por la refracción de las ondas. Con sismógrafos más sensibles se detectaron cambios bruscos en la velocidad, lo que llevó a la conclusión de la existencia de capas.



7.1. CAPAS DEFINIDAS POR SU COMPOSICIÓN

Estas capas se formaron probablemente en las primeras etapas de la historia de la Tierra, cuando, debido a la fusión parcial, los materiales se estratificaron por densidades. Esto llevó a tres regiones principales:

- **La corteza:** capa externa y delgada, de 3 a 70 km de espesor, según se mida en los océanos o en continentes, respectivamente.
- **El manto:** capa de roca sólida, rica en sílice, hasta 2900 km de profundidad.
- **El núcleo:** esfera rica en hierro.

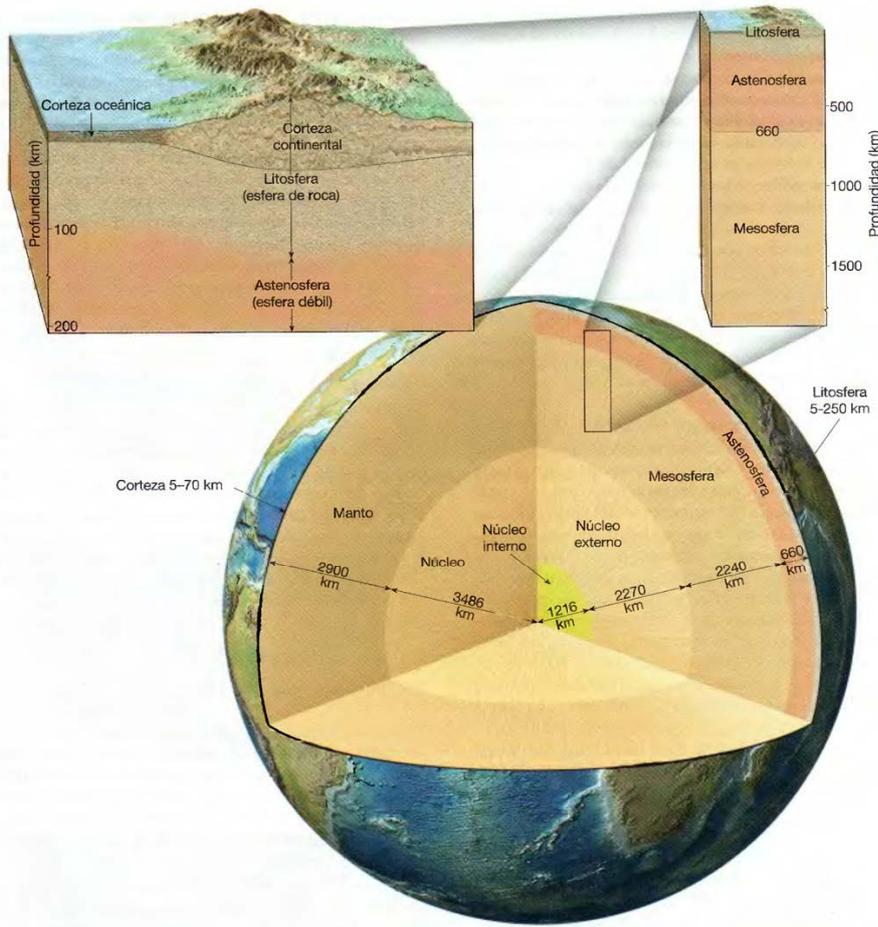
7.2. CAPAS DEFINIDAS POR SUS PROPIEDADES FÍSICAS

Con la profundidad, aumenta la presión y la temperatura en el interior de la Tierra, desde los 15°C de media en la superficie, hasta los 1.400°C a 100 km de profundidad, o los 6.700°C del centro del planeta.

El aumento de la presión y la temperatura modifican la densidad de las rocas y, por tanto, sus propiedades físicas y mecánicas. Así, las rocas del interior pueden ser frágiles, elásticas, deformables o líquidas.

Teniendo en cuenta las propiedades físicas se distinguen cuatro capas en el interior de la Tierra:

- **Litosfera:** es la capa superficial de la Tierra, fría y de carácter rígido, formada por la corteza y parte del manto superior. Puede llegar hasta unos 250 km de profundidad, aunque normalmente es de 100 km (menos aún bajo las dorsales oceánicas). En su parte inferior, en contacto con el manto, es más caliente y plástica.
- **Astenosfera:** sería una capa de 'baja velocidad' situada inmediatamente bajo la litosfera. La existencia de esta capa es polémica y, al parecer, no es una zona que forme una capa continua en toda su extensión. Actualmente se llama así a **todo el manto superior no litosférico**.
- **Mesosfera:** es una capa intermedia, sometida a gran temperatura y presión y con capacidad para fluir. Equivale al manto inferior. Se extiende hasta los 2.900 km de profundidad, donde empieza el núcleo.

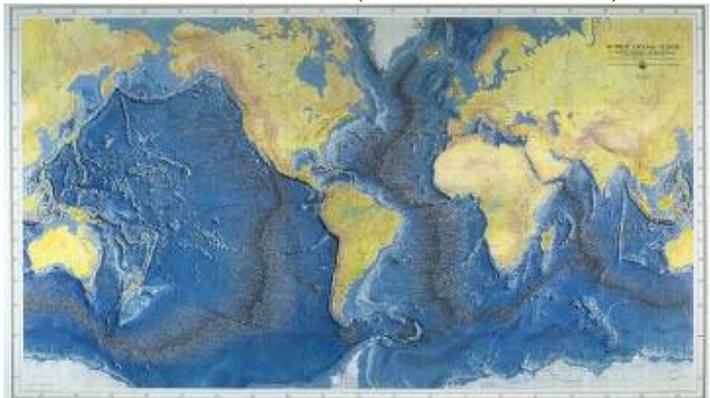


● **Núcleo interno y externo:** el núcleo está formado de hierro y níquel y se divide en dos capas. El **núcleo externo**, una capa de 2.270 km, es líquido, el flujo convectivo metálico en su interior genera el campo magnético terrestre. El **núcleo interno**, una esfera de 3.486 km, aunque a mayor temperatura, se comporta como un sólido, debido a la presión.

8. LA SUPERFICIE DE LA TIERRA

La superficie terrestre se compone principalmente de continentes y cuencas oceánicas. Los continentes son superficies planas, de escasa elevación media (800 m sobre el mar). En cambio, los océanos tienen una profundidad muy notable (3,8 km de media).

Estas diferencias se deben a las encontradas en su densidad y grosor. Los continentes tienen un grosor de 30 a 45 km y una densidad de 2,7 g/cm³; mientras las rocas del fondo oceánico presentan un grosor medio de 7 km y una densidad de 3,0 g/cm³. Por ello, la corteza continental flota a mayor altura sobre el manto que la oceánica.



8.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS CONTINENTES

Los continentes presentan dos tipos de regiones diferenciadas: áreas extensas, planas y estables, y regiones elevadas formando cinturones montañosos.

8.2.3. DORSALES OCEÁNICAS

Son las estructuras más elevadas del fondo marino. Una inmensa cordillera que se extiende por todos los océanos a lo largo de más de 70.000 km, de origen volcánico y gran actividad magmática.

9. LAS ROCAS Y EL CICLO DE LAS ROCAS

Las rocas son el principal componente de nuestro planeta. Se encuentran en una variedad casi ilimitada, ya que se componen de una mezcla de cristales o granos más pequeños, con composición y propiedades diversas, llamados **minerales**.

Los **minerales**, de tamaño microscópico o macroscópico, determinan en gran medida las propiedades físicas y químicas de las rocas. Dichas propiedades permiten al geólogo determinar cómo se formaron las rocas y facilita la localización de recursos minerales y energéticos.

9.1. TIPOS DE ROCAS

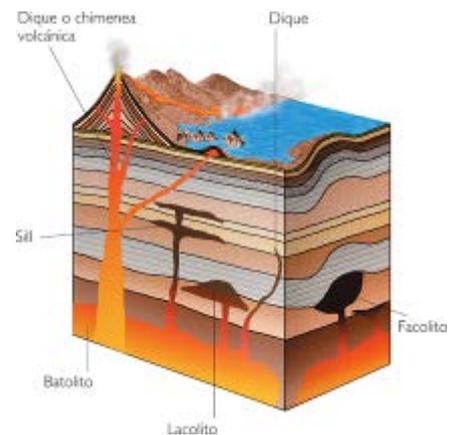
Las rocas pueden dividirse en tres grupos: ígneas, sedimentarias y metamórficas.

9.1.1. ROCAS ÍGNEAS O MAGMÁTICAS

Las rocas **ígneas** (de *ignis*=fuego) se forman al enfriarse y solidificar una roca fundida (*magma*). A medida que se enfría el magma los minerales solidifican según su punto de fusión.

Si el proceso se da a cierta profundidad, será lento y a alta temperatura, lo que permitirá la formación de cristales grandes y bien cristalizados. Estas rocas, de grano grueso, se denominan **plutónicas**. Son las rocas más abundantes de la corteza terrestre, destacando el *granito*.

Si el magma llega a la superficie, se enfría con rapidez y los cristales formados son pequeños o inexistentes. Estas rocas son las **volcánicas**, de las que la más abundante es el *basalto*, principal componente de la corteza oceánica.



9.1.2. ROCAS SEDIMENTARIAS

La actuación de los agentes geológicos externos (agua, viento, hielo) altera (química y físicamente) y erosiona las rocas de la superficie, dando fragmentos llamados *sedimentos*. Éstos son transportados y depositados en cuencas sedimentarias donde, mediante *litificación* (*compactación* y *cementación*) se convierten en nuevas rocas llamadas **rocas sedimentarias**.



© DORLING KINDERSLEY ED., 1995

Según la naturaleza de los sedimentos, las rocas formadas pueden ser **detríticas** (si los sedimentos proceden de otras rocas y son transportados y depositados en estado sólido), como la *lutita* y la *arenisca*; o **químicas** (formadas por precipitación de material disuelto en agua o por los seres vivos), como la *caliza*.

Las rocas sedimentarias sólo representan el 15% del volumen terrestre, pero ocupan la mayor parte de la superficie del planeta. Esta amplia

distribución y sus peculiares características permiten que los geólogos puedan utilizar las rocas sedimentarias para reconstruir la historia de la Tierra.

9.1.3. ROCAS METAMÓRFICAS

Las **rocas metamórficas** proceden de otras rocas (de cualquiera de los tres tipos) sometidas a condiciones de elevada temperatura y/o presión en el interior de la Tierra, pero manteniendo la roca “madre” en estado sólido. El proceso de *metamorfismo* cambia la estructura y la composición de la roca original.

Existen tres tipos básicos de metamorfismo, aunque la mayoría de las rocas metamórficas se forman por la combinación de varios de ellos:



9.1.3.1. Metamorfismo térmico o de contacto: *el factor principal es el aumento de la temperatura por la cercanía de un cuerpo magmático.*

9.1.3.2. Metamorfismo hidrotermal: *alteración química asociada a la presencia de iones disueltos.*

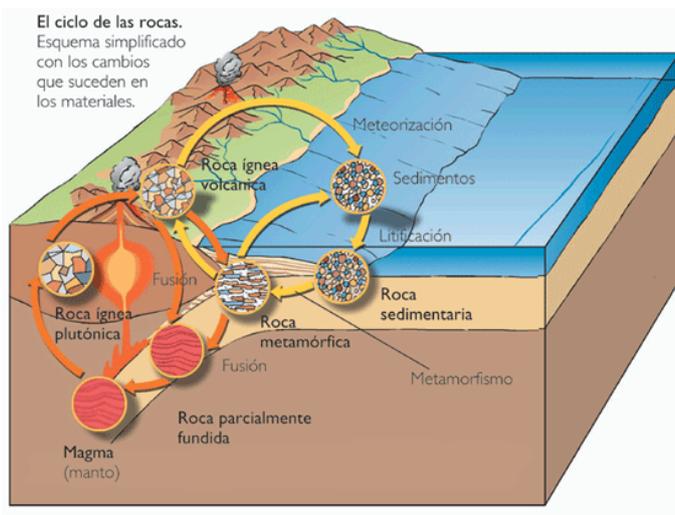
9.1.3.3. Metamorfismo regional: *cambios debidos a la presión y temperatura elevadas en el interior terrestre.*

El tipo y grado de metamorfismo determinan las características de este tipo de rocas, como la textura, la foliación, la fractura, etc.

Entre las rocas metamórficas destacan el *gneis* y el *mármol*.

9.2. EL CICLO DE LAS ROCAS

Aunque las rocas parecen estructuras inmutables y eternas no lo son. Cambian con el transcurso de los eones y pueden convertirse unas en otras a través de un subsistema del sistema Tierra: el **ciclo de las rocas**.



El **magma** es roca fundida formada en el interior de la Tierra por las elevadas temperaturas. Si este magma se enfría, solidificará y sufrirá un proceso de *crystalización* que originará *rocas ígneas*.

Si las rocas ígneas afloran a la superficie, sufrirán *meteorización, erosión, transporte y sedimentación*, dando sedimentos que, tras la *litificación*, se convertirán en *rocas sedimentarias*.

Si las rocas sedimentarias se entierran y sufren un incremento de temperatura y/o presión, se verán sometidas a un proceso de *metamorfismo* que las convertirá en *rocas metamórficas*.

Finalmente, estas rocas metamórficas pueden volver a fundirse y dar un magma, cerrando el ciclo.

Por supuesto, las rocas sedimentarias y magmáticas también pueden ser sometidas a procesos de meteorización y sedimentación, dando nuevas rocas sedimentarias. Igualmente, las rocas ígneas y sedimentarias pueden fundirse y cristalizar en rocas magmáticas. Y todas ellas pueden sufrir procesos de metamorfismo convirtiéndose en rocas metamórficas.

Contenido

1.	INTRODUCCIÓN A LA GEOLOGÍA.....	1
1.1.	LA GEOLOGÍA Y EL HOMBRE	1
2.	RESEÑAS HISTÓRICAS ACERCA DE LA GEOLOGÍA	1
3.	EL TIEMPO GEOLÓGICO	2
3.1.	DATACIÓN RELATIVA Y ESCALA DE TIEMPO GEOLÓGICO	2
3.2.	MAGNITUD DEL TIEMPO GEOLÓGICO	3
4.	EL SISTEMA TIERRA.....	3
4.1.	ESTUDIO DE SISTEMAS	3
4.2.	EL SISTEMA TIERRA	3
5.	HIDROSFERA, ATMÓSFERA, BIOSFERA Y LA TIERRA	4
5.1.	HIDROSFERA.....	4
5.2.	ATMÓSFERA.....	4
5.3.	BIOSFERA	4
5.4.	GEOSFERA	4
6.	EVOLUCIÓN DE LA TIERRA	4
6.1.	FORMACIÓN DE LAS CAPAS DE LA TIERRA	5
7.	EL INTERIOR DE LA TIERRA.....	5
7.1.	CAPAS DEFINIDAS POR SU COMPOSICIÓN.....	6
	• La corteza:.....	6
	• El manto:.....	6

- El núcleo: 6
- 7.2. CAPAS DEFINIDAS POR SUS PROPIEDADES FÍSICAS..... 6
 - Litosfera..... 6
 - Astenosfera 6
 - Mesosfera..... 6
 - Núcleo interno y externo 7
- 8. LA SUPERFICIE DE LA TIERRA 7
 - 8.1. CARÁCTERÍSTICAS DE LOS CONTINENTES 7
 - 8.1.1. El interior estable 8
 - 8.1.2. Los cinturones montañosos 8
 - 8.2. CARÁCTERÍSTICAS DE LOS OCÉANOS..... 8
 - 8.2.1. Márgenes continentales..... 8
 - 8.2.2. Cuencas oceánicas profundas 8
 - 8.2.3. Dorsales oceánicas..... 9
- 9. LAS ROCAS Y EL CICLO DE LAS ROCAS..... 9
 - 9.1. TIPOS DE ROCAS 9
 - 9.1.1. Rocas ígneas o magmáticas..... 9
 - 9.1.2. Rocas sedimentarias..... 9
 - 9.1.3. Rocas metamórficas 10
 - 9.1.3.1. Metamorfismo térmico o de contacto: *el factor principal es el aumento de la temperatura por la cercanía de un cuerpo magmático.* 10
 - 9.1.3.2. Metamorfismo hidrotermal: *alteración química asociada a la presencia de iones disueltos.* 10
 - 9.1.3.3. Metamorfismo regional: *cambios debidos a la presión y temperatura elevadas en el interior terrestre.* 10
 - 9.2. EL CICLO DE LAS ROCAS..... 10