

PARTE I

ALGUNOS CONCEPTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS

Parque Natural Sierra Norte de Sevilla

PARTE I ALGUNOS CONCEPTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS

LA GEOLOGÍA es la ciencia del planeta Tierra. Estudia sus materiales, estructura, procesos que actúan en su interior y sobre la superficie, minerales y rocas, fósiles, terremotos y volcanes, montañas y océanos, suelos, paisaje, erosión y depósito. La Geología también se ocupa del origen del planeta y de los cambios que ha ido sufriendo a lo largo de toda su historia. En sus rocas está encerrada la historia de la vida.

La Geología también se ocupa del “ambiente” que reinaba en cada región o zona del planeta, no solo desde la aparición de los seres vivos, sino desde su mismo origen hace 4.600 millones de años. La Geología es una Ciencia Ambiental y también Medio Ambiental ¡claro*!

* “Ambiente” y “medio ambiente”

El ambiente es el conjunto de características físicas, químicas y biológicas de un lugar. El término de “medio ambiente” se refiere a todo lo que rodea a un organismo e influye sobre él. Es decir que el concepto de “medio ambiente” es más restringido que el de “ambiente”, pues se refiere exclusivamente a los seres vivos.

Es difícil establecer los límites de una Ciencia como la Geología que estudia un planeta del Sistema Solar (del que se ocupa la Astronomía), que está rodeado de una atmósfera oxigenada (de la que se ocupan distintas Ciencias Físicas como la Meteorología o la Climatología) y que, además, alberga a los seres vivos de los cinco reinos (de los que se ocupa la Biología).

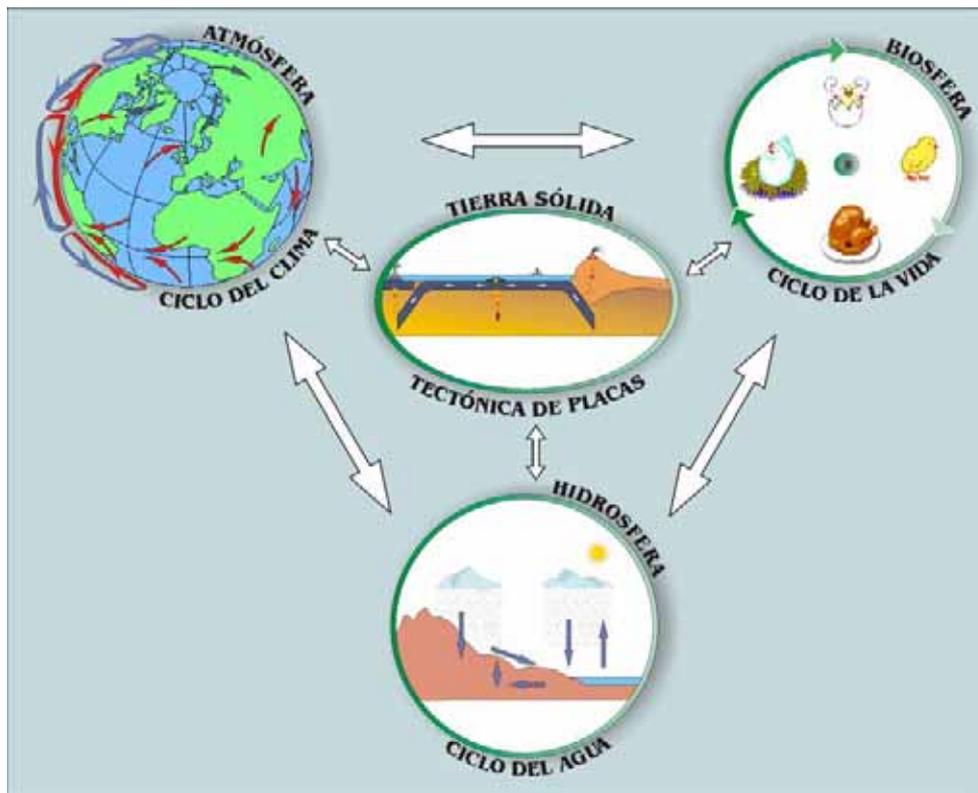


Figura 1. Interacción entre las cuatro “esferas” que integran el sistema del Planeta Tierra.

De las cuatro esferas que constituyen el planeta Tierra, la que llamamos “Tierra Sólida” es la más directamente asociada a la Geología; aunque la interacción entre Atmósfera, Hidrosfera, Biosfera y Tierra Sólida es tan intensa y constante que establecer los límites entre ellas casi siempre resulta artificioso (FIGURA1).

La TABLA 1 incluye las especialidades más conocidas de la Geología y el tema del que se ocupan.

ESPECIALIDAD	ÁREA DE ESTUDIO
Edafología	Suelos
Estratigrafía	Sedimentos y rocas sedimentarias
Geocronología	Tiempo e historia de la Tierra
Geofísica	Interior de la Tierra y terremotos
Geología Ambiental	Medio Ambiente
Geología del Carbón	Rocas carbonosas
Geología Económica	Recursos minerales y energéticos
Geología Estructural	Deformación de las rocas
Geología del Petróleo	Hidrocarburos sólidos, líquidos y gaseosos
Geología Planetaria	Geología de los Planetas
Geología Regional	Rasgos geológicos generales de una región dada
Geomorfología	Formas de la Tierra
Geoquímica	Química de la Tierra
Hidrogeología	Recursos acuíferos
Mineralogía	Minerales
Oceanografía	Océanos
Paleogeografía	Características y ubicaciones geográficas antiguas
Paleontología	Fósiles
Petrología	Rocas y su génesis

EL TIEMPO GEOLÓGICO

Se calcula que la edad de nuestro planeta es de 4600 millones de años. Hay un larguísimo camino desde su origen en la gran explosión del big-bang hasta hoy en día. Sería fantástico conocer toda esa historia, pero lo cierto es que hay grandísimos lapsos de conocimiento. Los 3500 primeros millones de años de la historia de la Tierra pueden ser considerados, en cierta medida, como parte de la historia del sistema solar y del universo. Desde el punto de vista de la “Geología” en sentido estricto son casi una incógnita. Sabemos una mínima parte de lo que ocurrió en los 460 millones de años siguientes, cuando la atmósfera ya era oxigenada como la de hoy en día si no seguimos contaminándola. Los últimos 540 millones de años de la historia de la Tierra son los mejor conocidos relativamente.

La tabla del tiempo geológico (TABLA 2) es un esquema del “calendario” de la historia de la Tierra, donde se muestran las divisiones temporales que han sido establecidas en función de los sucesos acontecidos en cada momento. A estas divisiones las llamamos *unidades cronoestratigráficas*. Por lo general, las unidades cronoestratigráficas más modernas son de menor duración que las más antiguas, cuyos rasgos se han borrado y/o son más difíciles de reconocer.

A lo largo de la historia de La Tierra han ocurrido transformaciones y procesos de muy diversa duración. Algunos han durado millones de años, mientras que otros han consumido apenas unas décimas de segundo. Por lo tanto, el hablar de rapidez ó de lentitud referidos a un proceso geológico depende del tipo de proceso que se considere. Se puede hablar de gran velocidad para algo que duró 500.000 ó 1.000.000 de años, o decir que una roca que se formó hace un millón de años es muy joven. Variar la escala de tiempo desde segundos a millones de años es una destreza fundamental del geólogo*.

** Ser capaz de no estar comparando continuamente el tiempo referido a la historia de la Tierra con el tiempo referido a la historia de la humanidad, no es tan fácil y requiere entrenamiento.*

Para una mayor comodidad de uso, la tabla del tiempo geológico de la página XXX aparece también en el interior de la contraportada de esta guía.

EON	ERA	PERIODO	M.A.	Algunos eventos importantes en la historia de la Tierra	
FANEROZOICO	CENOZOICO	CUATERNARIO	0.01	Fin de la Edad del Hielo Extinción de grandes mamíferos y pájaros	
		NEOGENO	1.75	Aparición del hombre; Edad del hielo	
			23.5	Plantas y animales modernos } OROGENIA ALPINA	
	PALEOGENO		Migración de los continentes a posiciones muy similares a las actuales Expansión de mamíferos, pájaros, angiospermas e insectos polinizadores		
	MESOZOICO	CRETACICO	65	Extinción en masa de dinosaurios y ammonites Aparición de las angiospermas	
		JURASICO	135	Primeros pájaros y primeros mamíferos Diversificación de dinosaurios y ammonites	
		TRIASICO	203	Aparición de los dinosaurios; Diversificación de plantas gimnospermas; Separación de la Pangea	
		PERMICO	250	Unión de todos los continentes formando la Pangea Desarrollo de insectos y reptiles	
		CARBONIFERO	295	Primeros reptiles; Primeros ammonites Desarrollo de bosques de helechos, esfenofitas y licopodios	
		DEVONICO	355	Primeros anfibios } OROGENIA VARISCA Diversificación de las plantas terrestres	
		SILURICO	410	Aparición de plantas vasculares, insectos y artrópodos	
	PALEOZOICO	ORDOVICICO	435	Primeros peces Máximo desarrollo de trilobites	
		CAMBRICO	500	Primeros invertebrados marinos, incluyendo los trilobites } OROGENIA CADOMIENSE	
		PROTEROZOICO		540	Aparición de animales multicelulares Atmósfera mayoritariamente aeróbica
				2500	Aparición de los eucariotas
		ARCAICO		Aparición del oxígeno en la atmósfera	
	PRECAMBRICO			4000	Aparición de la vida (bacterias procariotas)
			4600?	Edad aproximada del origen de la Tierra	

Tabla 2. Tabla del tiempo geológico.

ESTRUCTURA DE LA TIERRA

El interior de la Tierra Sólida tiene una estructura concéntrica. Desde la superficie hacia el interior se pueden diferenciar tres capas o cinco, dependiendo del tipo de división que consideremos (FIGURA 2).

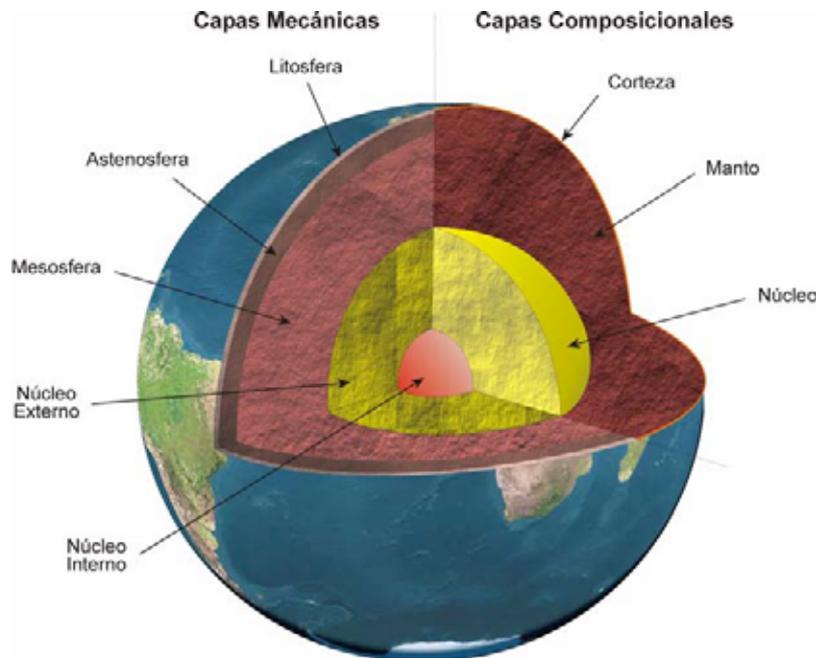


Figura 2. Estructuración del interior de la Tierra. Capas composicionales y mecánicas.

Capas composicionales

Atendiendo a la composición de los materiales, las capas -geosferas- del interior de la Tierra son Corteza, Manto y Núcleo (ver FIGURA 2).

La Corteza es la geosfera más superficial, la que podemos pisar en los continentes y la que tapiza el fondo de los océanos, aunque en unos y otros adquiere características diferentes. Es una capa sólida, rígida y muy poco uniforme, es decir que varía enormemente entre unos lugares y otros*. Su límite con la siguiente geosfera forma la *discontinuidad de Mohorovicic*.

* Algunos datos sobre la Corteza
 Composición media: andesítica
 Estado de su materia constituyente: sólido
 Densidad media: 2,9 gr/cc
 Espesor máximo: más de 70 Km en el Himalaya
 Espesor mínimo: 5 km en los fondos oceánicos
 Espesor medio: entre 5 y 10 km

El Manto es la capa intermedia. Sus materiales se encuentran en estado sólido y semisólido, y tienen un comportamiento plástico que les permite fluir bajo determinadas condiciones de presión y temperatura. Localizada bajo la corteza no aflora en casi ningún lugar de la superficie del planeta, tan solo en algunos puntos especiales donde la corteza rígida es más débil y la salida de magma mantélico (magma que procede del manto, ver apartado rocas ígneas, pág) es posible, tal y como ocurre en las dorsales oceánicas y también en algunos volcanes profundamente enraizados, es decir cuyas raíces son tan profundas que atraviesan la corteza y comunican el manto con la superficie terrestre*. Su límite con la siguiente geosfera forma la *discontinuidad de Gutenberg*.

* Algunos datos sobre el Manto
 Composición media: peridotítica
 Estado de su materia constituyente: sólido y fundido de gran viscosidad
 Densidad media: 3,3 gr/cc
 Espesor medio aproximado: 2900 km.

El Núcleo es la capa más interna, la que ocupa el “corazón” del planeta. Es una geosfera de 3486 km de radio. Sus materiales están en estado sólido y fundido (líquido) dependiendo de la parte del núcleo que se trate. Son de composición metálica, muy similar a la de algunos meteoritos*.

* Algunos datos sobre el Núcleo
 Composición media: metálica (aleación de hierro y níquel)
 Estado de su materia constituyente: sólido y líquido
 Densidad media: 11 gr/cc

Capas mecánicas

La presión y la temperatura afectan a la densidad y al comportamiento mecánico de los materiales que constituyen La Tierra. Las mismas sustancias sometidas a condiciones diferentes de presión y temperatura cambian su densidad y, también pueden comportarse de distinta manera ante un esfuerzo. A medida que profundizamos bajo la superficie del planeta, la presión y la temperatura van aumentando (esto es lo que denominamos *Gradiente Geotérmico*), y sustancias que en la superficie son rígidas, en el interior pueden comportarse de una manera plástica y llegar a fundirse y fluir, formando un magma.

Atendiendo al comportamiento mecánico de los materiales del interior de la Tierra existen cinco capas ó geosferas que son Litosfera, Astenosfera, Mesosfera, Núcleo externo y Núcleo interno (ver FIGURA 2).

La Litosfera es la costra “rígida” de la Tierra, su “caparazón” de roca. Comprende la corteza y parte más superficial del Manto.

La Astenosfera es la capa “blanda” de la Tierra. Su comportamiento es plástico. Comprende parte del manto superior. La fusión de parte de sus materiales produce magma.

La Mesosfera es una capa sólida equivalente al Manto Inferior

El Núcleo Externo es una capa metálica líquida. Es el causante del campo magnético terrestre.

El Núcleo Interno es la capa más densa del planeta, se cree que su estado es sólido.

TECTÓNICA DE PLACAS

La litosfera no es una única capa continua cubriendo toda la superficie del globo terrestre, como si fuera el cascarón de un huevo, sino que está formada por porciones de diferente tamaño y grosor localizadas unas junto a otras que reciben el nombre de placas. Las placas litosféricas se encuentran “flotando” y deslizándose sobre la astenosfera y la mesosfera, según un movimiento inducido por el calor interno de la Tierra y la diferencia de densidad y temperatura de los materiales. Los contactos entre unas placas y otras reciben el nombre de límites. Los límites de placa pueden ser de tres tipos convergentes, divergentes y transformantes. La FIGURA 3 muestra las placas que hoy en día constituyen la litosfera.

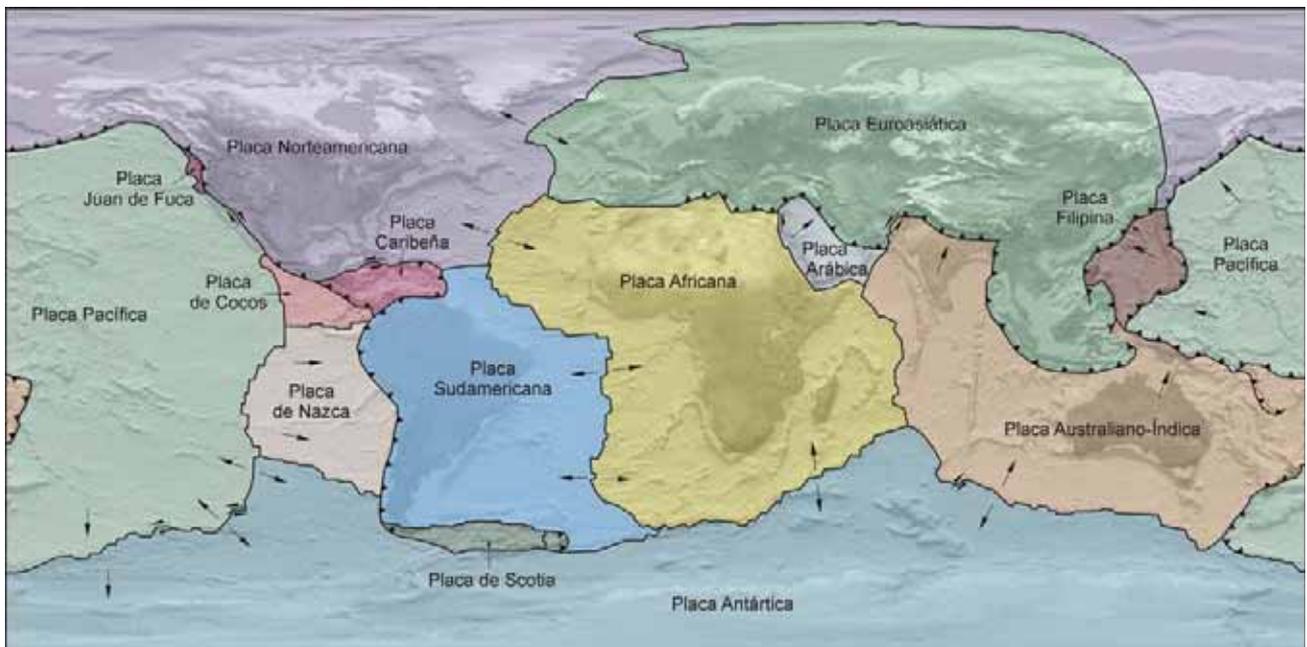


Figura 3. Mapa de las placas litosféricas actuales.

Las placas no permanecen invariables en el tiempo, es posible que se dividan para iniciar un proceso de “nacimiento” de otras nuevas, o bien que se destruyan en un proceso de subducción (hundimiento de una placa bajo otra). Estos procesos de formación y destrucción tienen lugar en los límites, y no suceden al azar sino que dependen del tipo de placa, de su posición y de los procesos que tengan lugar bajo ella, en la astenosfera y mesosfera. Para que una placa nazca es necesario que otra se destruya, pues el espacio disponible en la superficie terrestre es limitado. Al ciclo completo de

nacimiento de una placa nueva a partir de la división de otra más antigua, formación y desarrollo de esa placa y, por último, desaparición por subducción y colisión entre placas se le conoce como ciclo de Wilson (FIGURA 4). La formación de cadenas montañosas debido a la colisión entre placas tectónicas recibe el nombre de *orogénesis**.

* La formación de rocas, o cualquier otro proceso geológico, puede tener lugar en distintos momentos respecto a una orogenia. En función de ello se definen como preorogénicas, sinorogénicas y postorogénicas.

De igual manera, se dice que una roca, o cualquier proceso geológico, es anorogénico cuando en su origen no concurren procesos directamente relacionados con ninguna orogenia.

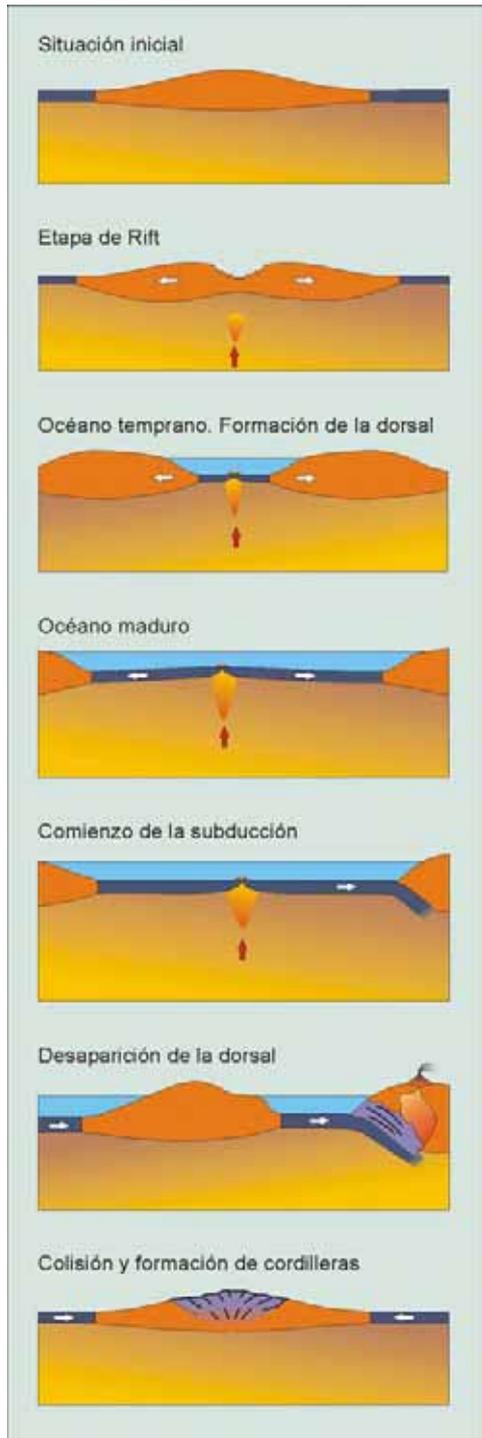


Figura 4. Ciclo de Wilson.

Tectónica de placas es el nombre de la teoría que explica todos estos conceptos (y muchísimos otros). Por ejemplo, la tectónica de placas explica porqué los océanos no han estado siempre en el mismo lugar; la formación, tamaño y posición de los océanos depende del momento y lugar de la litosfera. Es decir que han ido variando a lo largo de toda la historia de la Tierra. Lo mismo ocurre con los grandes relieves; por ejemplo, en medio de todas las grandes cadenas montañosas del planeta que hoy en día se localizan en el interior de los continentes ha habido un océano. La posición de los continentes también depende de la tectónica de placas; que en el Sahara hubiera glaciares durante el Carbonífero, o que el oeste de España fuera parte de un continente mucho antes de que la mitad oriental siquiera existiera, también lo explica la tectónica de placas. La posición de las montañas, de los ríos y llanuras, la posición de los volcanes, los lugares donde se producen los terremotos... y así un largo etc.

Si tenemos en cuenta todo lo anterior, resulta tan evidente que las características de la superficie terrestre son consecuencia de la tectónica de placas, que es imposible desligar los procesos endógenos y exógenos, es decir los que tienen lugar en el interior de la Tierra o sobre su superficie. El gráfico de la FIGURA 5 esquematiza el ciclo de las rocas, que representa la interconexión de todos los procesos y materiales de nuestro planeta.

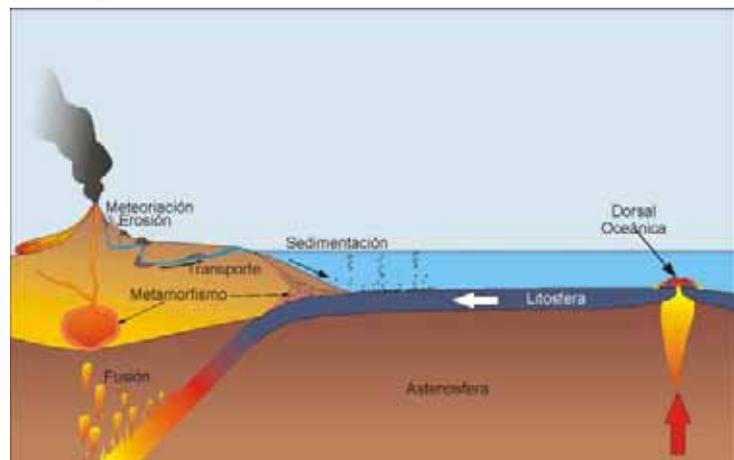


Figura 5. Ciclo integral de las rocas.

Desde el punto de vista geológico, los continentes no son solo las tierras emergidas, sino parte de algunas placas tectónicas donde la litosfera es gruesa y tiene una composición determinada (litosfera continental). Parte de la litosfera continental está emergida y parte sumergida constituyendo, en este último caso, las plataformas continentales. Hay placas sin apenas plataforma continental y otras con cientos de kilómetros de plataforma en dirección “agua adentro”.

Es posible que, en una misma placa haya áreas sin plataforma, donde la línea de costas marque el límite del continente, mientras que en otras áreas el continente se sumerge bajo el mar grandísimas distancias. En esta porción de continente que se localiza bajo el mar, la profundidad de las aguas no suele superar los 200 metros y la cantidad de nutrientes es elevada dada su cercanía relativa a tierra firme. Estas condiciones son idóneas para la vida, y favorecen la abundancia de pesca. Si observas con cuidado la FIGURA 6 encontrarás la explicación de por qué los pesqueros españoles se han ido tradicionalmente a faenar a Marruecos y Mauritania o al mar del Norte.

La localización de los recursos naturales en el globo terráqueo esta controlada por la tectónica de placas, y con ello la propia historia de la humanidad incluyendo, guerras, tratos, invasiones, colonización o abandono de países, economía...

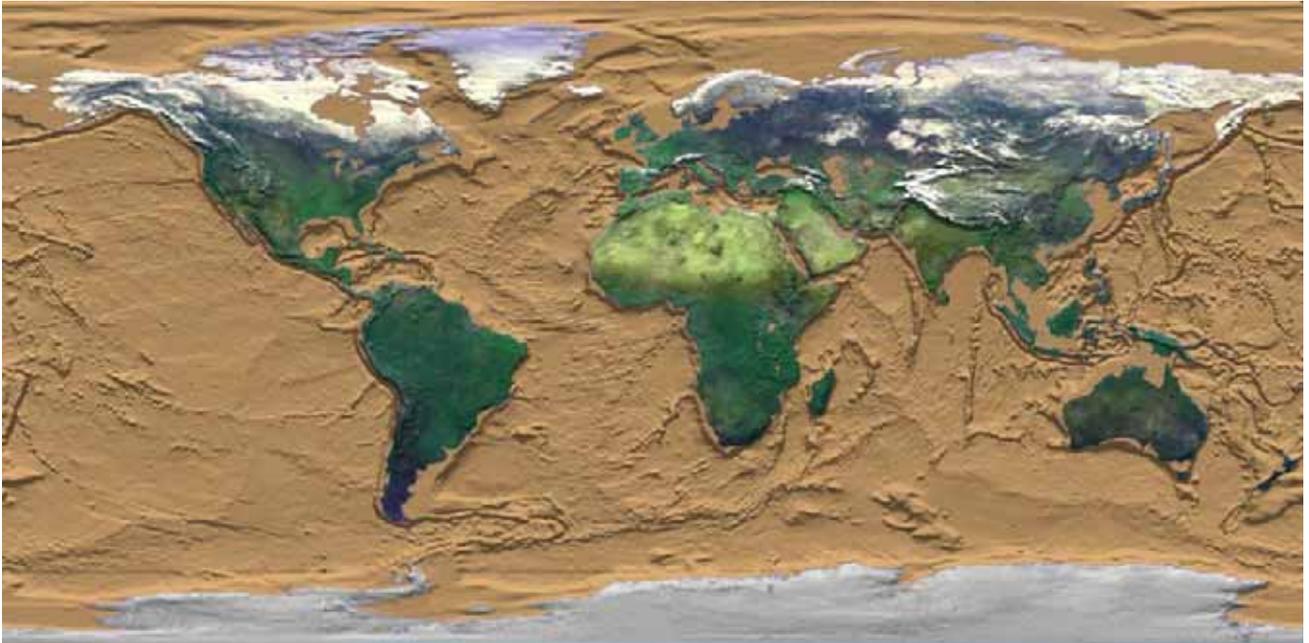


Figura 6. Mapa de los fondos oceánicos y áreas emergidas de la Tierra.

PROCESOS GEOLÓGICOS EXÓGENOS

Los procesos geológicos que actúan sobre la superficie de la Tierra reciben el nombre de exógenos. Erosión, transporte y sedimentación son los tres procesos responsables de la dinámica externa del planeta. Erosionar los relieves mas elevados y transportar las partículas y sustancias erosionadas hasta depositarlas en el fondo de los mares es su función.

Si tenemos en cuenta lo anterior, es fácil pensar que aplanando montañas y rellenando océanos llegaríamos, con el tiempo, a tener un planeta plano; y esto podría suceder, si no existieran los procesos internos (llamados endógenos) que, entre otras cosas, dan lugar a la elevación de terrenos y formación de cadenas montañosas por una parte, y al hundimiento de determinadas zonas y formación de cuencas y océanos por otra.

Es decir, que los procesos endógenos son los originadores del relieve y los exógenos sus modeladores. Ambos tipos de procesos son complementarios y están íntimamente relacionados entre sí (ver FIGURA 5). A continuación se citan algunos ejemplos.

Ejemplo 1: Todas las grandes cordilleras del planeta son consecuencia de procesos de destrucción de placas. En las cumbres, la altitud impide el desarrollo de cubierta vegetal que inhiba la erosión. Estos relieves son muy abruptos y favorecen el desarrollo de cursos de agua muy violentos, con energía suficiente para arrastrar y transportar los fragmentos erosionados, que irán a depositarse en zonas topográficamente mas bajas, y a través de los ríos, llegar al fondo de los mares y océanos.

Ejemplo 2: La posición de continentes y océanos son la esencia de la tectónica de placas, pero a su vez, es un factor determinante de la climatología de cada región. Temperaturas y régimen de lluvias, junto con la distribución del tipo de rocas, topografía y altitud condicionan la calidad y espesura de la cubierta vegetal de cada área, que afecta a la existencia o no de suelos.

LAS ROCAS

Una roca es un agregado de uno o varios minerales que se encuentra de manera natural y en estado sólido en la corteza terrestre y el manto. Aunque también se consideran rocas a sustancias como el carbón o las pumitas (piedra pómez), a pesar de que no están formadas por minerales y que, por lo tanto, no cumplen los requisitos que la definición de roca exige. De manera que, para que podamos incluir a estas y otras excepciones bajo el término “roca” es necesario ampliar su definición: Una roca es una sustancia sólida formada de manera natural.

Las rocas se clasifican en ígneas, sedimentarias y metamórficas dependiendo de cómo se hayan originado.

Rocas ígneas

Las rocas ígneas se forman por el enfriamiento y solidificación de un magma, por eso también se les puede llamar magmáticas. El magma es una roca fundida, o parcialmente fundida, bajo la superficie de la Tierra (ver apartado de *ESTRUCTURA DE LA TIERRA*, pág.). Son rocas directamente producidas por procesos geológicos endógenos.

Dependiendo del lugar donde se produzca la solidificación, las rocas ígneas pueden ser intrusivas o extrusivas. También dependiendo de la clase de magma y de su velocidad de enfriamiento se producen diferentes tipos rocas ígneas tanto intrusivas, como extrusivas.

Es frecuente clasificar a las rocas ígneas por la composición de los minerales que las constituyen. De manera general, se utiliza el término de “ácido” para las rocas con alta proporción de sílice (SiO₂) y “básico” para las que son deficitarias en esta misma sustancia (FIGURA7).

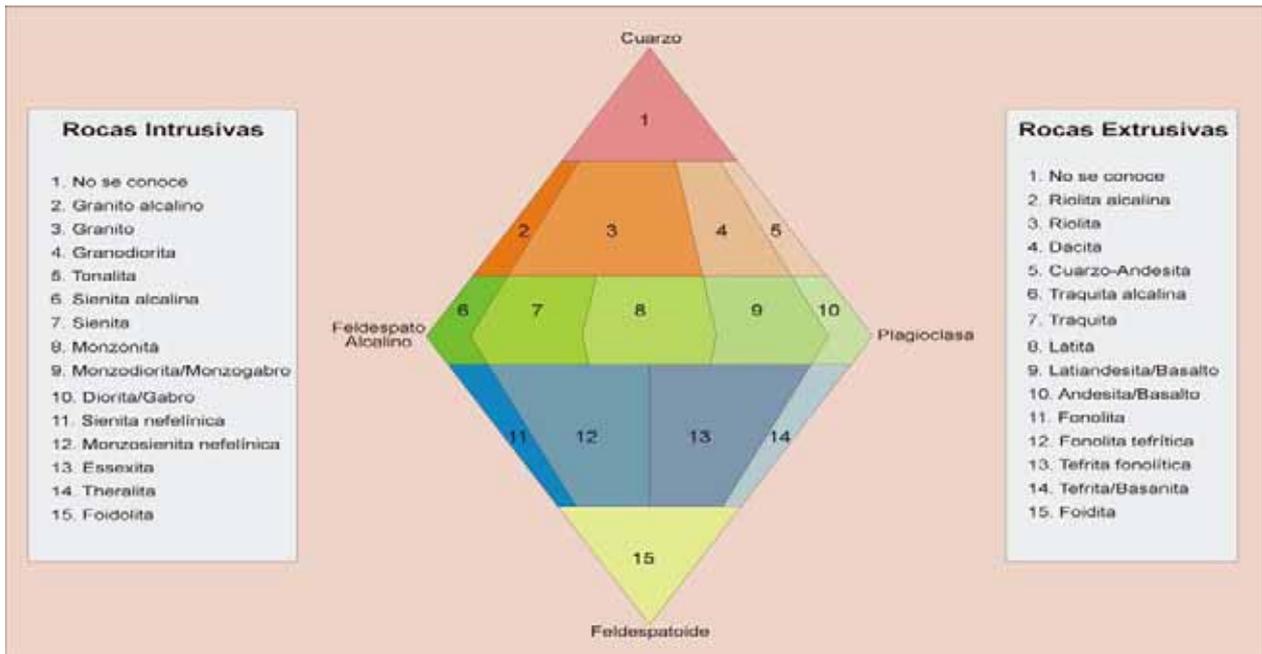


Figura 7. Clasificación de las rocas ígneas.

Una roca ígnea intrusiva es aquella que se formó en el interior de la Tierra, bajo su superficie, por la solidificación del magma de una cámara magmática, dique, sill o lacolito (FIGURA 8). Cuando el magma de una cámara cristaliza recibe el nombre de plutón y, por este motivo a estas rocas también se les llama “plutónicas”. Granitos, dioritas o gabros son algunos ejemplos.

Las rocas ígneas extrusivas resultan cuando la solidificación del magma tiene lugar sobre la superficie de la Tierra, ya sea de un continente o del fondo del mar. Este es el caso de las rocas volcánicas que se forman a partir de la solidificación de la lava de un volcán. Lava es el nombre que se le da al magma cuando sale a la superficie.

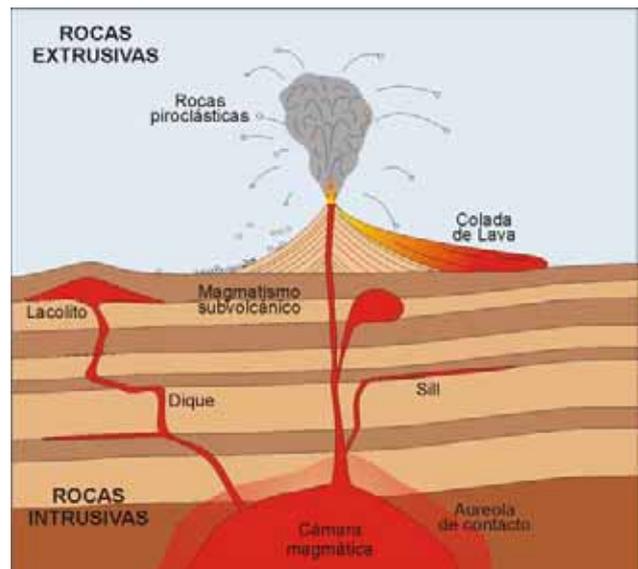


Figura 8. Clasificación de los emplazamientos de rocas ígneas según profundidad y geometría. Se muestra también la aureola de contacto producida por un plutón.

Rocas sedimentarias

Las rocas sedimentarias se forman por la petrificación de los sedimentos*. Los sedimentos son los materiales que se acumulan sobre la superficie de la Tierra por la acción de los procesos geológicos exógenos como son la erosión, el transporte y la sedimentación.

* En Geología, a este proceso se le llama litificación.

Grupo	Φ (mm)	Clase	Sedimento y tamaño textural	Compactada	
Rocas Detriticas	256	Ruditas	Bloques	Grava	Según forma: Conglomerado (redondeado) Brecha (anguloso)
			Cantos		
	2	Arenitas	Arena muy gruesa		Arenisca
			Arena gruesa		
			Arena media		
			Arena fina		
			Arena muy fina		
	1/16	Lutitas	Limo		Limolita
	1/256		Arcilla		Arcillita

Dependiendo de la forma en que se produzca el depósito se originarán distintos tipos de sedimentos que tras la litificación darán lugar a los distintos tipos de rocas sedimentarias que existen en la naturaleza. Como los procesos superficiales pueden ser muy variados hay un gran número de tipos diferentes de rocas sedimentarias (FIGURA 9). Las rocas detriticas resultan de la acumulación de partículas sólidas, como granos de arena o cantos rodados, independientemente del lugar de la superficie terrestre donde se produzca la sedimentación, ya sea sobre tierra o bajo el mar. Ejemplos: lutitas, areniscas, conglomerados.

Grupo	Clase
Rocas de origen químico	Rocas Carbonatadas
	Evaporitas
	Rocas Aluminio-Ferruginosas
	Rocas Fosfatadas
	Rocas Silíceas de origen químico
Rocas organógenas	Rocas Silíceas de origen orgánico
	Carbones

Las rocas sedimentarias químicas son las que se originan a partir de la precipitación de una solución, generalmente acuosa. Dependiendo de su composición tendremos diferentes tipos de rocas. Calizas, dolomías, chert o sal gema son solo algunos ejemplos.

Las rocas organógenas como el carbón se formaron gracias a la acumulación de materia orgánica seguida de otros procesos de transformación de esa sustancia original.

Figura 9. Clasificación de las rocas sedimentarias.

Rocas Metamórficas

Las rocas metamórficas son las que proceden de la modificación textural y mineralógica de otras rocas ya existentes. Cuando rocas ígneas y sedimentarias son sometidas a condiciones de presión y/o temperatura completamente diferentes a las que tenían cuando se formaron se producen variaciones en sus características, a veces tan importantes que no es posible reconocer la roca original. Dependiendo del tipo de roca que se modifica y de las nuevas condiciones de presión y/o temperatura a las que se sometan se producirán los distintos tipos de rocas metamórficas (FIGURA 10).

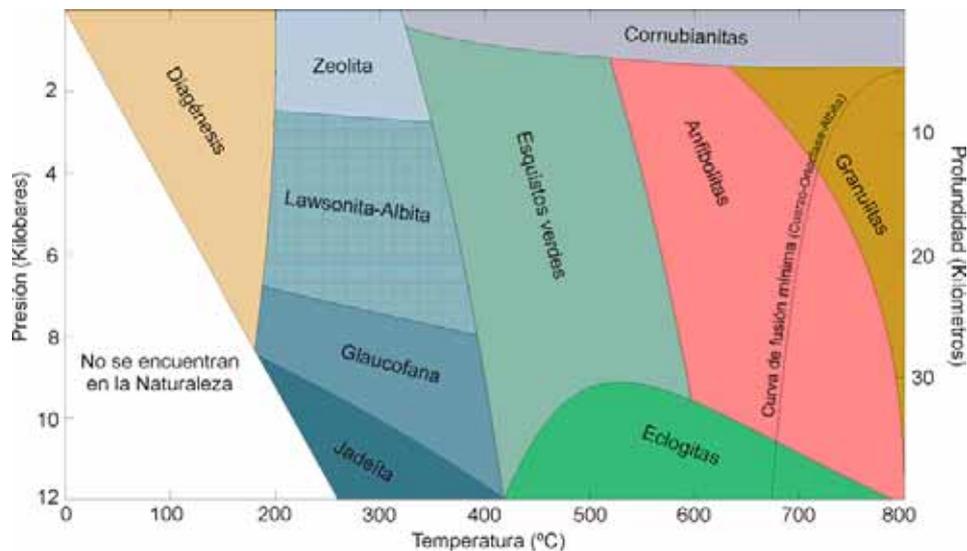


Figura 10. Clasificación de las rocas metamórficas.

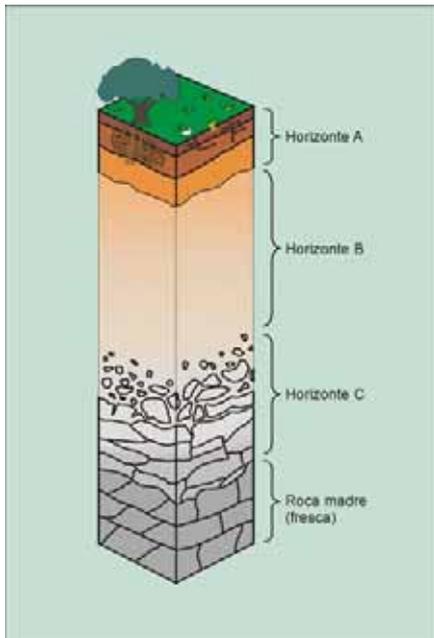
A las transformaciones de una roca debido a un incremento de la temperatura se le llama *metamorfismo de contacto*, y esta relacionado con el ascenso de magmas y la formación de rocas plutónicas y volcánicas. Pues, este es el único mecanismo que hay en la naturaleza para explicar un aumento enorme de temperatura sin variaciones significativas de presión.

El ascenso e intrusión de una bolsada magmática entre rocas ya existentes implica un foco de calor que puede llegar a superar los 1200 grados centígrados. Las rocas de alrededor del plutón se modifican, sus componentes (que pueden llegar casi a fundirse) dan lugar a minerales diferentes y por lo tanto a otro tipo distinto de roca. En la distancia, el calor se disipa a medida que nos alejamos del borde del plutón, y en el tiempo el calor también se disipa a medida que el propio plutón se va enfriando. De manera que al final de todo habrá rocas ígneas en lo que era la bolsada magmática y rocas de metamorfismo de contacto alrededor de ella, formando una aureola (ver FIGURA 8).

Al conjunto de las transformaciones que sufre una roca a causa del incremento de presión se le llama *metamorfismo regional*. Este nombre hace alusión a que los procesos geológicos que pueden ocasionarlo no son puntuales, sino regionales y actúan sobre grandes extensiones de terreno. Este tipo de metamorfismo aparece asociado a procesos orogénicos (ver TECTÓNICA DE PLACAS, pág.).

El incremento de la presión va produciendo cambios paulatinos en las rocas. Al principio son menores y afectan únicamente a la disposición de los minerales que las forman, que adquieren un aspecto hojoso, como el de las pizarras. A medida que aumenta la presión, también aumenta la temperatura y los cambios van siendo cada vez más profundos (ver concepto de gradiente geotérmico, apartado de ESTRUCTURA DE LA TIERRA, pág.).

SUELOS



La exhumación que los procesos erosivos producen continuamente en el sustrato permite que nuevas rocas, antes enterradas, afloren en superficie y entren en contacto con sustancias como la atmósfera y/o el agua. Atmósfera y agua son sustancias oxigenadas que pueden reaccionar con esas rocas y alterar su composición allá donde estas quedan expuestas, de manera que su superficie queda tapizada por una capa de alteración que implica la interacción entre roca fresca y atmósfera. Cuando las condiciones de humedad, relieve, litología y tiempo de actuación lo permiten esta capa de alteración llega a tener un espesor considerable (de hasta 100 metros en algunos casos) y adquiere unas características propias, diferentes de la roca madre de la que procede. Es entonces cuando hablamos de suelos.

La formación de suelos se ve favorecida por la existencia de una cubierta vegetal bien desarrollada. La acción de los ácidos húmicos procedentes de la descomposición de la materia orgánica acumulada sobre el sustrato con la ayuda de bacterias, y acción bioturbadora de otros organismos, acelera y facilita la alteración de la roca y, por lo tanto, el desarrollo de suelos.

Cuando el clima es húmedo, la topografía suave, la cubierta vegetal densa y las rocas del sustrato fácilmente alterables se reúnen las condiciones idóneas para el desarrollo de suelos tal y como los entendemos la mayoría de nosotros, suelos fértiles y ricos, aptos para la agricultura, y de alto interés económico; suelos constituidos por diferentes capas u horizontes, desde la acumulación orgánica en la superficie hasta la roca fresca en profundidad (FIGURA 11).

Figura 11. Esquema de un suelo desarrollado.

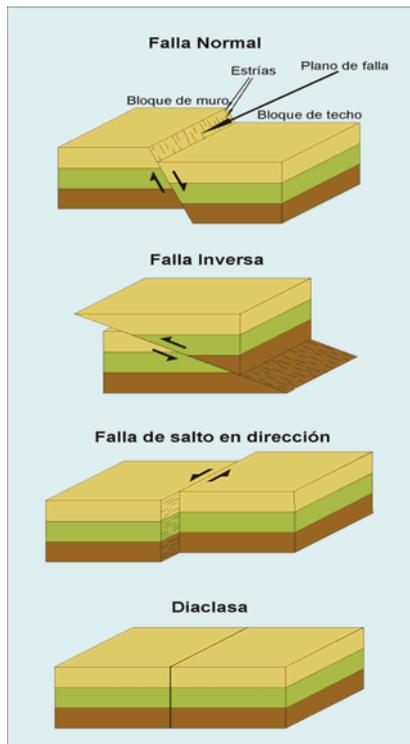
No debemos olvidarnos que, al fin y al cabo, un suelo es el resultado de la interacción entre el sustrato rocoso y la atmósfera; en climas áridos y sin cubierta vegetal el resultado de esta interacción suele ser una costra endurecida, que a veces puede alcanzar espesores de más de 50 metros, que incapacita el área para la agricultura todavía más*. Un ejemplo de suelos de este tipo son los denominados “caliches”. A la derecha, la TABLA 3 muestra un resumen de la clasificación de suelos de la FAO/UNESCO.

* Considerado desde este mismo punto de vista el “barniz del desierto” puede ser contemplado como un tipo especial de suelo.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA FAO/UNESCO	Suelos poco desarrollados			
	Fluvisol	Gleysol	Regosol	Leptosol
Suelos de edafogénesis controlada por el material originario				
Arenosol	Andosol	Vertisol		
Suelos en una etapa inicial de formación				
Cambisol				
Suelos con acumulación de CaCO ₃ y/o sales solubles				
Calcisol	Gypsisol	Solonetz	Solonchak	
Suelos con una marcada acumulación de materia orgánica, saturados en bases en la parte superior del perfil				
Kastanozem	Chernozem	Phaeozem	Greyzem	
Suelos con acumulación por iluvación				
Luvisol	Planosol	Podzolvisol	Podzol	
Suelos dominantes en regiones tropicales y subtropicales con meteorización intensa				
Lixisol	Acrisol	Alisol	Nitisol Ferralisol Plinthosol	
Suelos orgánicos				
Histosol				
Suelos fuertemente modificados por el hombre				
Anthrusol				

DEFORMACIÓN DE LAS ROCAS

Las rocas que forman la corteza terrestre se deforman cuando son sometidas a grandes esfuerzos. Dependiendo del tipo de esfuerzos, del tiempo de actuación, de la profundidad a la que se encuentren las rocas sobre las que actúan y, en menor medida, del tipo de roca, puede resultar que estas recuperen su geometría original, o que por el contrario la deformación sea perenne. En este segundo caso, pudiera haber sucedido que las rocas deformadas se encontraran en una posición muy superficial de la corteza o bien, que la deformación sucediera a profundidades mayores, y que la erosión hubiera “desmontado” los materiales suprayacentes permitiendo que las rocas deformadas afloren (queden expuestas en la superficie). Es decir que podemos encontrar afloramientos de rocas que fueron deformadas en, o muy cerca, de la superficie o bien a profundidades mayores; en un caso y en otro las características de la deformación serán diferentes. De manera general, los materiales son más frágiles en la superficie y más plásticos a profundidades mayores, considerando siempre semejantes el resto de las constantes indicadas anteriormente (esfuerzo, tiempo y tipo de roca).



Fracturas

La respuesta más frecuente de las rocas que son sometidas a una deformación frágil es la fracturación. Cuando un volumen inicial de roca es sometido a una deformación frágil, se fractura en fragmentos menores (bloques) delimitados por superficies llamadas superficies de fractura. Si entre los bloques delimitados por una superficie de fractura hay movimiento, a dicha fractura se le llama *falla*; en el caso de que los bloques no se hayan movido se trataría de una *diaclasa* (FIGURA 12). Dependiendo del tipo de movimiento de los bloques, las fallas se clasifican en normales, inversas o de salto en dirección. Son fallas normales aquellas en las que el desplazamiento se produce a favor de la pendiente del plano de falla. Son inversas aquellas en las que el desplazamiento se produce en contra de la pendiente y de salto en dirección cuando la dirección del movimiento es próxima a la horizontal. Cuando el desplazamiento se produce según un plano vertical, la falla no es ni normal, ni inversa, ni de salto en dirección. En este caso se le llama falla vertical.

Cuando se trata de fallas de gran escala y el movimiento de los bloques implica desplazamientos relativos de distancias kilométricas se habla de sistemas de *horts* y *grabens* para el caso de fallas normales y *cabalgamientos* y *mantos de corrimiento* para fallas inversas.

Figura 12. Tipos de fracturas (fallas y diaclasas).

Pliegues

La respuesta más frecuente de las rocas que son sometidas a una deformación plástica (o dúctil) es el plegamiento. Cuando un volumen inicial de roca es sometido a una deformación dúctil, se flexiona y “arruga” formando pliegues donde antes había superficies planas. Los pliegues se clasifican en función de su geometría y de su posición (FIGURA 13).

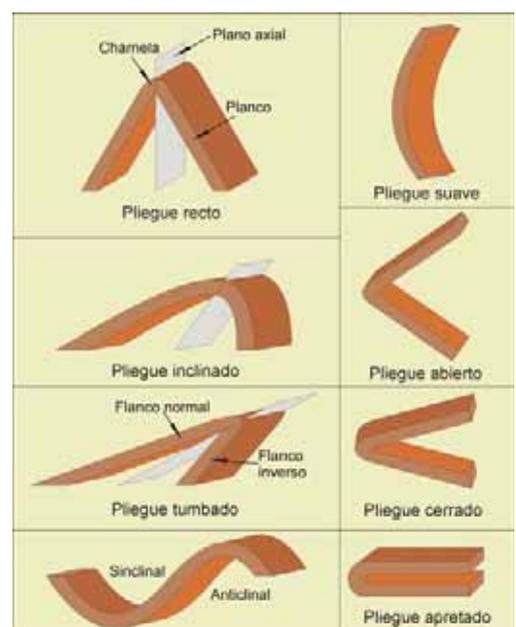
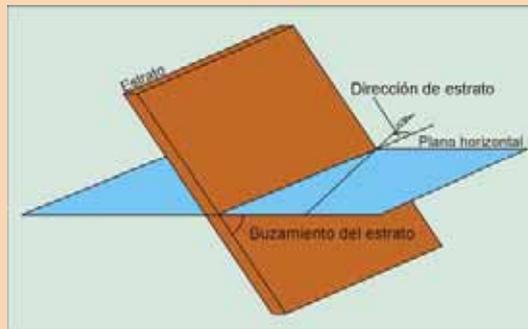


Figura 13. Tipos de pliegues y algunos términos relacionados.

La foliación es la disposición intensamente laminada que adquieren los materiales cuando son sometidos a una gran presión (esfuerzo compresivo). Esta presión puede estar asociada a un plegamiento o bien ser producto, simplemente, del peso de rocas y sedimentos depositados encima. Hay rocas que se folian con mucha más facilidad que otras, como por ejemplo las lutitas (arcillas y limos); cuando una lutita adquiere foliación se le llama pizarra*.

* El uso del término pizarra es muy genérico, de manera que puede encontrarse en referencia a rocas sedimentarias o a rocas metamórficas. Para el caso de rocas metamórficas solo debe usarse cuando los efectos de las transformaciones hayan destruido completamente la estructura de la roca original.

La mayor parte de las rocas sedimentarias presentan una geometría estratificada, es decir formando estratos. La posición original de la mayoría de los estratos es horizontal o suavemente inclinada, de manera que cuando encontramos sucesiones de estratos fuertemente inclinados podemos deducir que han sido perturbados. La dirección y el buzamiento son los parámetros numéricos que definen la posición de los estratos en el espacio, es decir cuanto y hacia donde han sido girados y balanceados respecto a su posición horizontal inicial (FIGURA 14). El instrumento de medida es la brújula de geólogo, que es una brújula normal montada sobre una base rectangular y equipada con una burbuja de nivelación y un clinómetro.



Se define **dirección de un estrato** a la orientación geográfica de la línea de intersección entre el estrato y un plano horizontal. Como es un ángulo, se mide en grados respecto al norte.
El buzamiento es el ángulo que forma el estrato con el plano horizontal. Se mide en grados, indicando siempre el sentido de la inclinación, que es la dirección del espacio en la que se hunde.