

LA EVOLUCIÓN DEL RELIEVE

Contenido

1. La dinámica de las placas y la evolución de la litosfera.....	4
1.1. El ciclo de Wilson.....	4
2. Dinámica de placas y procesos geológicos.....	8
2.1. Efectos de la dinámica de placa.....	8
2.2. Dinámica de placas y procesos geológicos.....	8
3. Los procesos endógenos: el magmatismo.....	9
3.1. Formación y ascenso de los magmas.....	9
3.2. La actividad plutónica.....	9
3.3. La actividad volcánica.....	10
4. Los procesos endógenos: el metamorfismo.....	11
4.1. Causas del metamorfismo.....	11
4.2. Dónde se produce el metamorfismo.....	11
4.3. Los efectos del metamorfismo en las rocas.....	12
5. Los procesos endógenos: la deformación de las rocas.....	12
5.1. Las fracturas: diaclasas y fallas.....	12
5.2. Los terremotos.....	14
5.3. Los pliegues.....	14
6. Los procesos exógenos: modelado y rocas sedimentarias.....	16
6.1. Los procesos del modelado.....	16
6.2. El modelado y la dinámica litosférica.....	17
6.3. De sedimentos a rocas.....	17
6.4. Dónde se forman las rocas sedimentarias.....	18
7. La evolución del relieve. Una visión global.....	18
7.1. Así evoluciona el relieve.....	18
7.2. Determinantes del relieve.....	19
8. Los relieves terrestres.....	19
8.1. Los relieves litológicos.....	20
Los relieves volcánicos.....	20
Los relieves graníticos.....	21
Los relieves kársticos.....	22
8.2. Los relieves climáticos.....	23
Los relieves de zonas frías.....	24
Los relieves de zonas cálidas.....	25

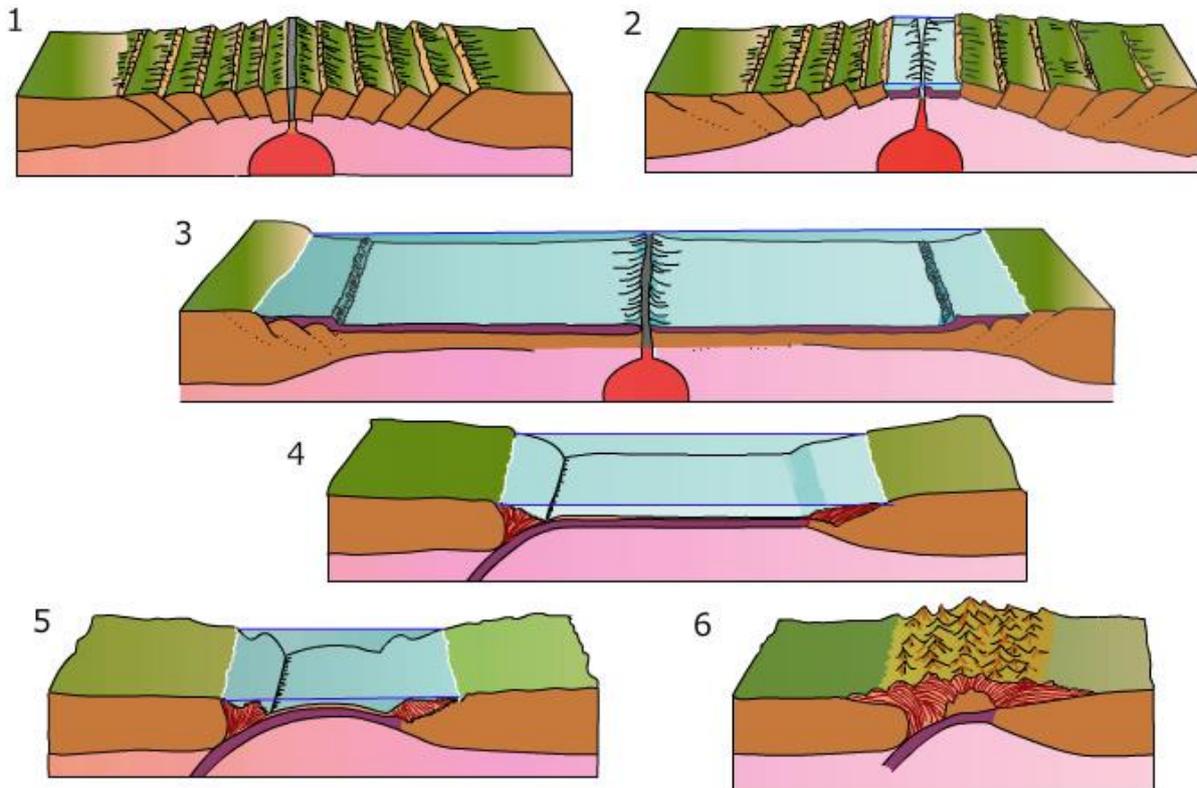
Los relieves de zonas templadas	26
8.3. Los relieves estructurales	27
Tipos de relieves estructurales	27
8.4. Los relieves costeros.....	28
Formas debidas a la abrasión	28
Formas debidas a la sedimentación	29
9. La información contenida en los estratos.....	30
La forma de los estratos	31
La composición litológica	31
La disposición de las capas	32
10. Interpretando el registro	33
10.1. Secuencias estratigráficas.....	33
10.2. Series estratigráficas.....	33
Tipos de discontinuidades	33
10.3. Los principios básicos de la estratigrafía	35
11. Perfiles topográficos.....	37
Cómo hacer un perfil topográfico	39
Ejemplos, hechos en clase, de la realización de perfiles topográficos:	40

1. La dinámica de las placas y la evolución de la litosfera

Las interacciones entre las placas litosféricas son muy lentas pero constantes, y hay indicios de que se han estado produciendo durante cientos de millones de años.

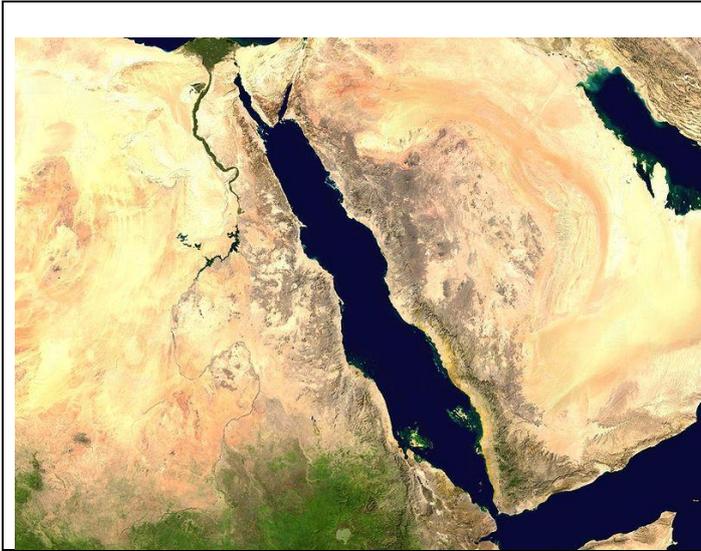
1.1. El ciclo de Wilson

Este geólogo propuso un modelo cíclico según el cual las placas evolucionan de manera que las masas continentales se reúnen y se separan cada cierto tiempo. Es el siguiente:



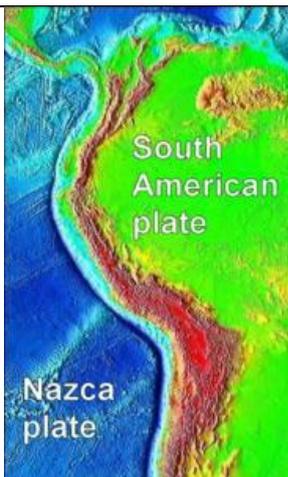
1. Fragmentación continental: La dinámica de las placas genera tensiones que pueden hacer que un continente se fracture a lo largo de un eje y las dos partes comiencen a separarse. Estas fracturas conectan con las rocas del manto, que se funden y originan magmas con tendencia a ascender, lo que produce un cierto abombamiento de la litosfera. Formación de un rift: Si esa separación continúa, la litosfera continental fracturada se desploma y se forma un rift continental. Un ejemplo es el Gran Valle del Rift al este de África.





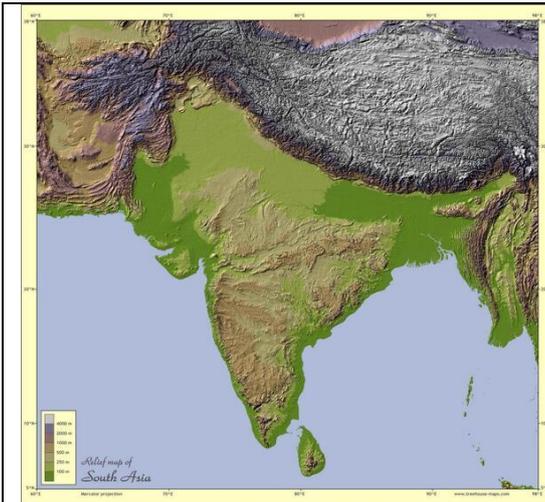
2. Formación de un océano en expansión (borde constructivo): Si el rift formado se extiende hasta un océano, se inundará el valle y se forma un nuevo fondo oceánico. Se origina un mar estrecho (ej. mar Rojo). Si la separación de placas continúa se desarrollará una dorsal oceánica, y la litosfera oceánica se expandirá entre los dos bordes continentales. En esta etapa está el mar Rojo o incluso el océano Atlántico.

3. Continúa el proceso. Los continentes se van separando y entre ellos aparece una cuenca oceánica con una dorsal oceánica bien desarrollada. Es el caso del océano Atlántico actual.



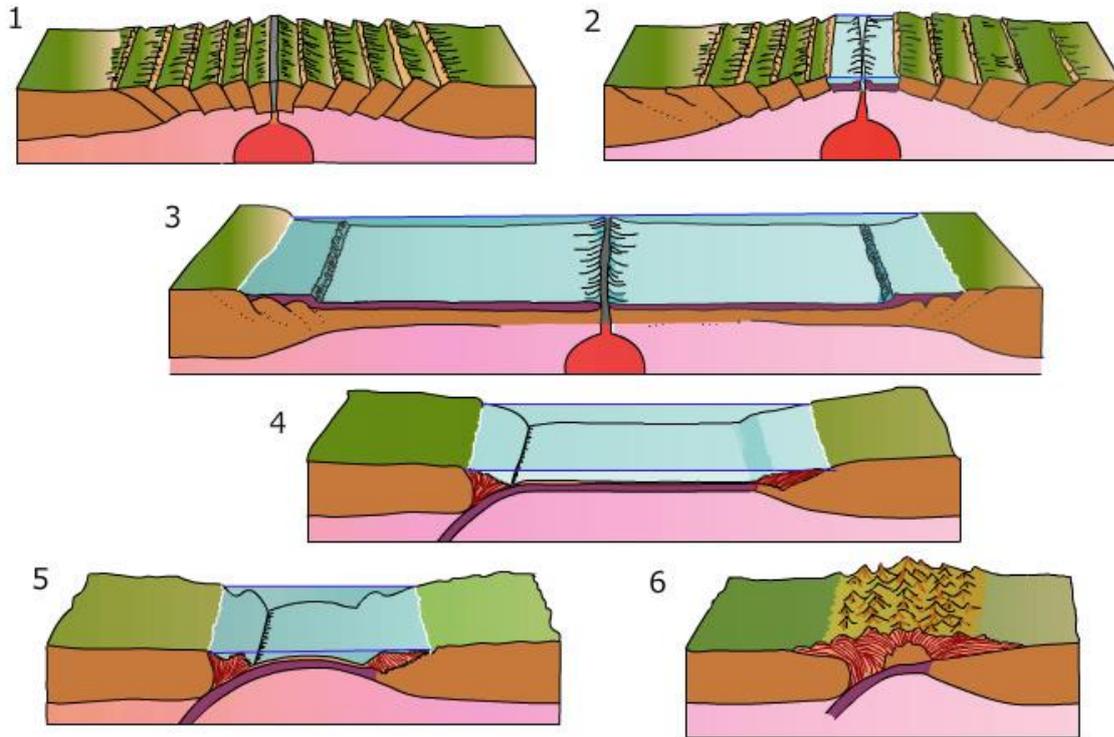
4. Reducción del océano: En fondos oceánicos, junto al borde del continente y donde se acumulan muchos sedimentos, la litosfera oceánica puede romperse y comenzar a subducir por su mayor densidad y por el peso de los sedimentos. Al hundirse en el manto, esta masa litosférica tira de la placa. Así se forma un borde convergente que reduce poco a poco el océano frente el continente, en el que por su parte se originará una cadena montañosa. La zona oriental del Pacífico se encuentra en esta etapa.

5. Colisión continental: La cuenca oceánica se va estrechando cada vez más. Es el caso, por ejemplo, del mar Mediterráneo.



6. Cuando la reducción del océano es máxima y a litosfera oceánica subduce totalmente, el océano se cierra, los continentes colisionan y sus rocas se pliegan, se fracturan y se elevan, originando una cordillera. El Himalaya se formó así, al colisionar la India y la placa Euroasiática.

Otra vez la imagen completa del ciclo de Wilson:



2. Dinámica de placas y procesos geológicos

La teoría de la tectónica de placas explica la forma en que la dinámica de las placas es la causa, directa o indirecta, de los procesos geológicos.

2.1. Efectos de la dinámica de placa

- Fuerzas: Cuando las placas se desplazan o crecen, se originan enormes fuerzas y empujes capaces de deformar las rocas de la litosfera, desplazarlas o, incluso, cambiar su textura (la disposición de sus minerales)
- Cambios de temperatura: Produce variaciones en la temperatura, que causan la fusión de las rocas en algunas zonas, su solidificación en otras, cambios de minerales...
- Cambios de ambiente geológico: Al cambiar las placas, también varía su interacción con la hidrosfera, la atmósfera y la biosfera. Las condiciones ambientales a las que están sometidas varían, pudiendo modificar considerablemente su evolución.

2.2. Dinámica de placas y procesos geológicos

Todos los procesos geológicos que se dan en la litosfera terrestre tienen su causa, directa o indirecta, en la dinámica de las placas. Pueden clasificarse, en función de su origen, en endógenos y exógenos

Los procesos geológicos endógenos

Son los que tienen su origen en el interior terrestre. Se deben, sobre todo, a las fuerzas o a los cambios de temperatura que resultan de la dinámica litosférica. Son el **magmatismo**, el **metamorfismo** y la **deformación de las rocas**.

Los procesos geológicos exógenos

Son los que se originan en la zona superficial de la litosfera como consecuencia de la interacción de las rocas con la atmósfera, la hidrosfera y la biosfera. En ellos influyen los cambios de ambiente geológico inducidos por la dinámica litosférica. Son los que causan el modelado del relieve y los responsables de la formación de las rocas sedimentarias.

3. Los procesos endógenos: el magmatismo

El magmatismo es el conjunto de los procesos geológicos endógenos en los que intervienen magmas, es decir, masas de rocas que se funden en el interior terrestre y, después, solidifican y forman rocas magmáticas.

3.1. Formación y ascenso de los magmas

Los magmas se forman en regiones de la litosfera o del manto superficial donde las condiciones físicas son adecuadas para que las rocas se fundan. Esto sucede, sobre todo:

- En los bordes divergentes, entre las placas se abren fisuras que comunican el manto con la superficie. La presión disminuye, lo que causa la fusión de las rocas del manto superior.
- En los puntos calientes, el ascenso de penachos térmicos del manto profundo aumentan la temperatura y funden las rocas del manto superior.
- En los bordes convergentes, la placa que subduce penetra en el manto. Al hacerlo, la fricción aumenta la temperatura. Además, el agua de las rocas de la placa que subduce es expulsada hacia las rocas del manto que están sobre ella. La presencia de agua en esas rocas, unida al incremento térmico, hace que se fundan.

Los magmas formados así tienden a ascender hacia la superficie a través de la litosfera debido a que son menos densos que las rocas de su entorno. Al ascender entre otras rocas, cada magma evoluciona y va cambiando sus minerales. Así se forman magmas de distinta composición que darán lugar a rocas magmáticas diferentes.

El ascenso de los magmas a través de la litosfera origina dos tipos de procesos magmáticos: la actividad plutónica y la actividad volcánica.

3.2. La actividad plutónica

Es el ascenso de magmas a través de las rocas de la litosfera, y su posterior emplazamiento, enfriamiento y solidificación **en el interior de la corteza**, en forma de rocas plutónicas.

Se forman masas de rocas, llamadas plutones.

El enfriamiento de los plutones es muy lento, lo que da tiempo a que los minerales fundidos vayan solidificando en forma de cristales grandes y redondeados, que son característicos de este tipo de rocas (plutónicas) como el granito o la peridotita.



Granito



Peridotita

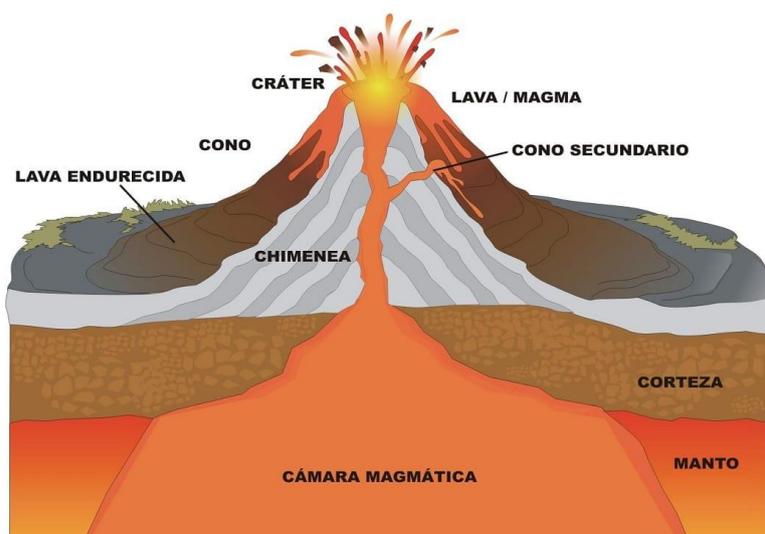
3.3. La actividad volcánica

Se produce cuando un magma que asciende a través de la litosfera sale a la superficie de la geosfera por una abertura en la corteza que es lo que conocemos como volcán.

Erupciones volcánicas: Antes de formarse el volcán, el magma se acumula bajo la superficie en una cámara magmática. Allí permanece, bajo presión, hasta que se abren fisuras en la corteza y comunica con el exterior. Entonces la presión de la cámara disminuye y se produce la liberación brusca de los gases disueltos en el magma. Estos gases ardientes salen al exterior impulsando al magma, lo que ensancha las grietas y crea un conducto o chimenea volcánica, con un orificio exterior o cráter.

La salida de los gases y del magma (lava y piroclastos) al exterior a través de un volcán se denomina erupción volcánica y puede ser más o menos explosiva en función de la composición del magma y su facilidad para solidificar.

Tras erupciones sucesivas, la lava solidificada y los piroclastos se van acumulando formando un edificio volcánico.



4. Los procesos endógenos: el metamorfismo

El metamorfismo es el conjunto de procesos endógenos en los que, debido a la acción de factores como la temperatura o la presión, se produce la transformación de las rocas ya existentes en otras diferentes denominadas rocas metamórficas. A diferencia del magmatismo, esta transformación tiene lugar **sin que se fundan las rocas**.

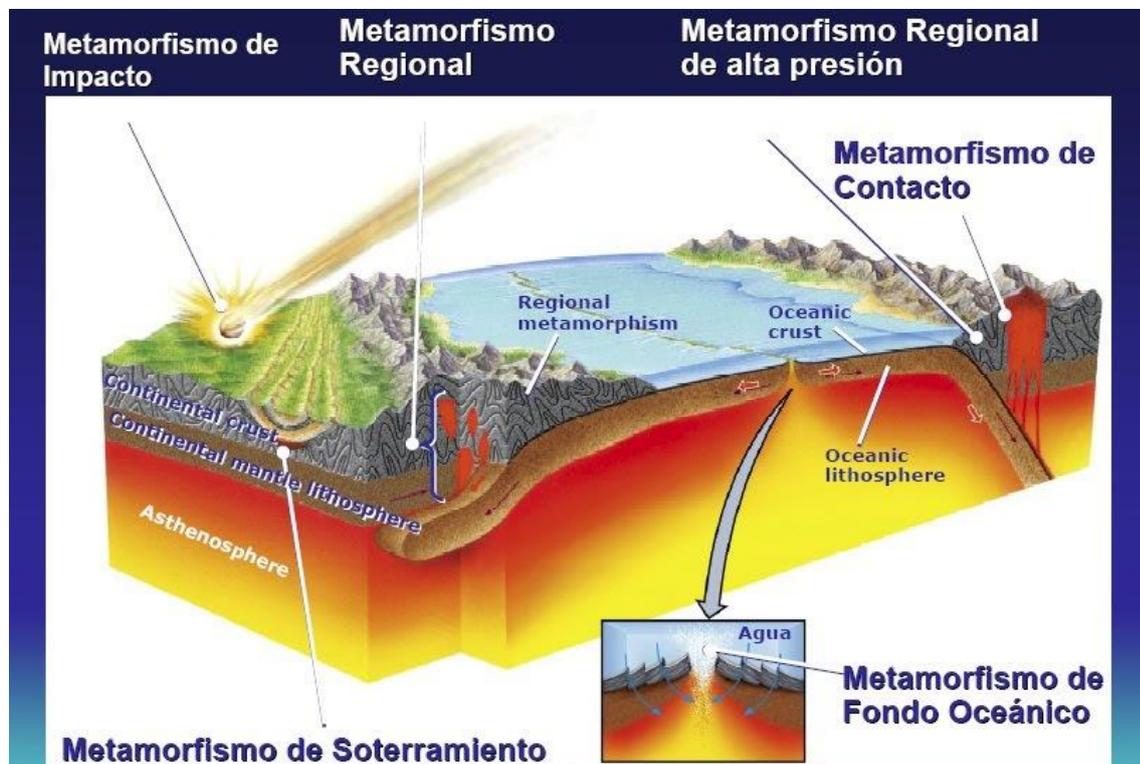
4.1. Causas del metamorfismo

Las rocas deben estar sometidas a uno o más de los factores fisicoquímicos siguientes:

- Aumento de la temperatura
- Incremento de la presión
- Infiltración en las rocas de agua con sustancias disueltas

4.2. Dónde se produce el metamorfismo

- En los bordes convergentes: los empujes entre las placas producen altas presiones en las rocas de la zona de colisión; además, los magmas que se generan sobre la placa que subduce aumentan la temperatura a su alrededor.
- En las dorsales: Los magmas generados bajo el rift aumentan la temperatura de las rocas adyacentes.
- En los bordes transformantes: La fricción entre las placas genera aumentos de presión y de temperatura en esas rocas.
- En las zonas del interior de las placas: En las rocas que están en contacto con los focos térmicos de los puntos calientes (aumento de temperatura), así como en las zonas en las que se acumulan grandes espesores de sedimentos (aumento de presión).



4.3. Los efectos del metamorfismo en las rocas

El metamorfismo produce una serie de transformaciones entre las que destacan los cambios en el tipo y la disposición de sus minerales

- Cambios en los tipos de minerales: La temperatura y la circulación de agua con sustancias disueltas hacen que los minerales de las rocas afectadas por el metamorfismo experimenten reacciones químicas. Esto puede producir un aumento del tamaño de los cristales o la aparición de nuevos minerales derivados de los anteriores.
- Cambios en la disposición de los minerales: La presión hace que los cristales de los minerales se aplasten y se dispongan orientados en una misma dirección. Así, la roca resultante adquiere un aspecto hojoso característico que se denomina foliación.

ROCAS FOLIADAS



Gneis



Pizarra

5. Los procesos endógenos: la deformación de las rocas

La dinámica litosférica produce enormes fuerzas o esfuerzos tectónicos, que desplazan y deforman grandes masas de rocas de la corteza terrestre.

Los esfuerzos tectónicos pueden ser convergentes (compresivos), divergentes (distensivos) o paralelos, pero en sentido contrario (de cizalla) (*misma dirección, pero sentidos contrarios*).

El comportamiento de las rocas puede variar:

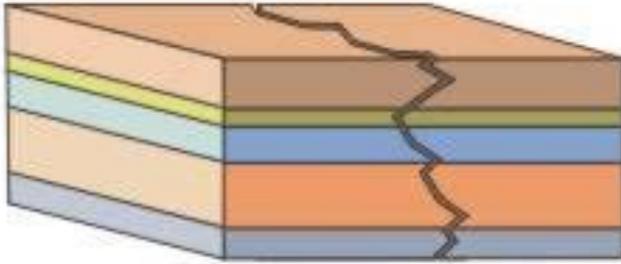
- Las rocas frías y rígidas sufren una deformación elástica y vuelven a su posición inicial súbitamente. No obstante, pueden fracturarse si se supera su límite de elasticidad.
- Si los esfuerzos son constantes y prolongados, si la temperatura es alta o si hay agua en las rocas, estas pueden tener un comportamiento plástico y plegarse de forma permanente.

5.1. Las fracturas: diaclasas y fallas

Las diaclasas y las fallas son roturas que ocurren en rocas rígidas que sobrepasan su límite de elasticidad al ser sometidas a esfuerzos tectónicos.

- Las diaclasas: Son grietas de poca extensión y anchura, que se abren en un macizo rocoso sin que exista desplazamiento de los bloques fracturados

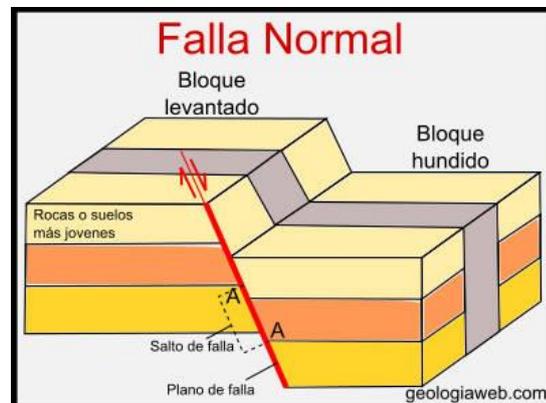
- Las fallas: Son fracturas de mayor extensión y anchura que las diaclasas y que presentan un desplazamiento de los bloques fracturados



Diaclasas:
Grietas de poca extensión y anchura, que se abren en un macizo rocoso sin que exista desplazamiento de los bloques fracturados

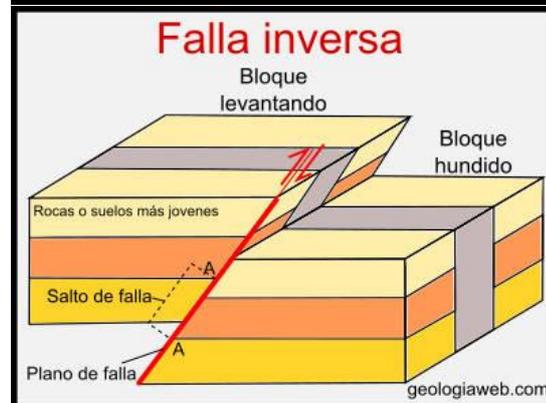
FALLA NORMAL

El bloque más hundido se apoya en el plano de la falla (la superficie de fractura). Se forman por esfuerzos distensivos.

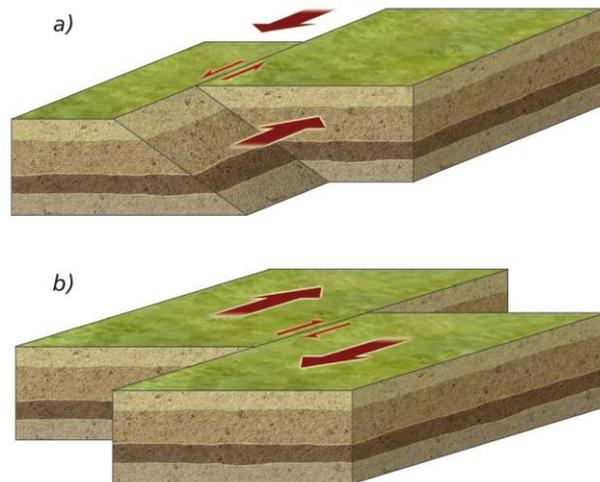


FALLA INVERSA

El bloque levantado es el que se apoya. Se deben a esfuerzos compresivos.



FALLAS DE DIRECCIÓN O DE DESGARRE
El desplazamiento de los bloques es lateral.
Se forman por esfuerzos de cizalla.

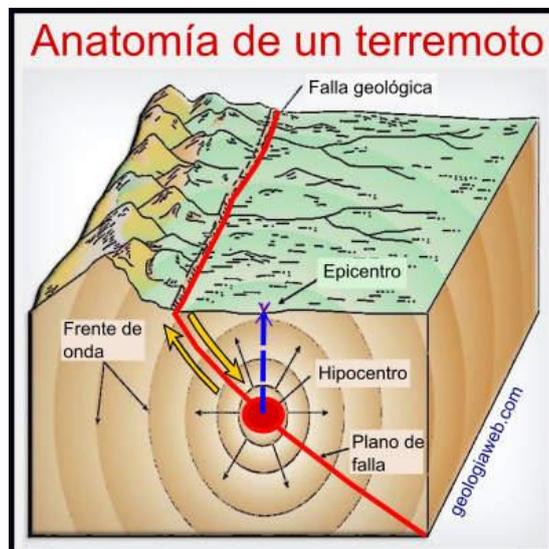


5.2. Los terremotos

Los terremotos o sismos se originan, generalmente, por la liberación brusca de energía en rocas que, al ser sometidas a esfuerzos tectónicos, sufren una rotura súbita o una deformación elástica y vuelven a su forma inicial en lo que se denomina un rebote elástico.

Se originan en un punto denominado hipocentro, a partir del cual la energía liberada se transmite en todas las direcciones mediante ondas sísmicas, que son deformaciones elásticas de las rocas.

Las ondas alcanzan la superficie, y en la vertical del hipocentro se sitúa el epicentro, y se propagan por la superficie haciendo oscilar el terreno.



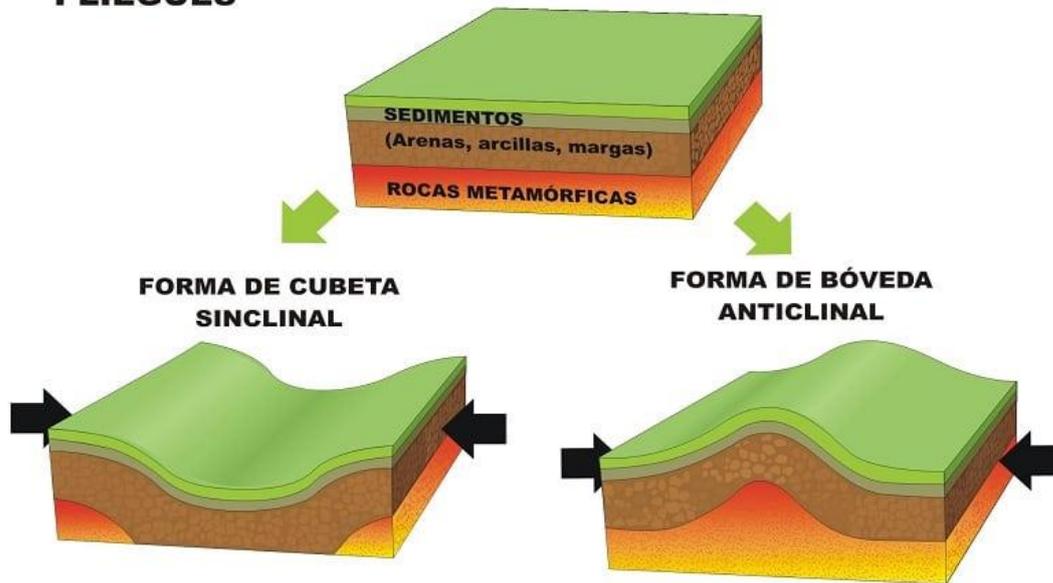
5.3. Los pliegues

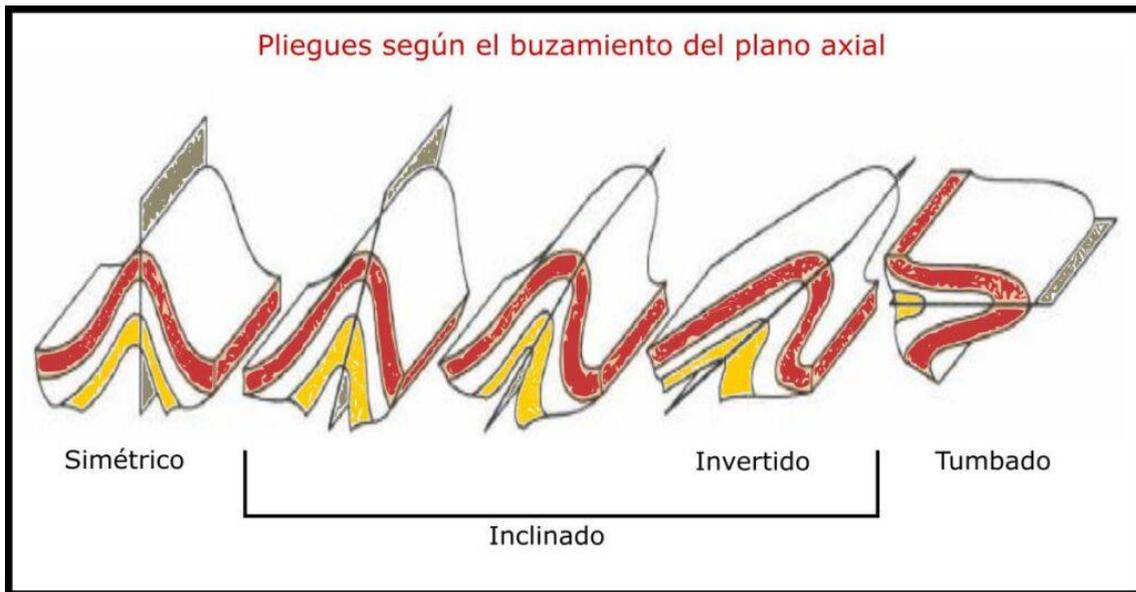
Son deformaciones plásticas que se originan por la acción de esfuerzos compresivos sobre un macizo de roca cuyas estructuras, inicialmente planas, pasan a estar curvadas.

En función de su forma e inclinación pueden ser de varios tipos:

- Según su forma: Anticlinales (concavidad hacia abajo), sinclinales (concavidad hacia arriba), monoclinales (sin concavidad)
- Según su inclinación, hay pliegues verticales, inclinados y tumbados.

PLIEGUES





6. Los procesos exógenos: modelado y rocas sedimentarias

Las rocas de la zona superficial de la litosfera están expuestas a los efectos derivados de su interacción con la atmósfera, la hidrosfera y la biosfera, es decir, a la acción de los procesos geológicos externos.

Estos procesos son:

- Modelado del relieve
- Formación de rocas sedimentarias.

6.1. Los procesos del modelado

El modelado del relieve es el conjunto de cambios que producen en las rocas de la zona superficial de la litosfera los agentes modeladores: el viento, los cambios de temperatura, las precipitaciones, la gravedad, las corrientes de agua, el hielo, el oleaje y las corrientes marinas, los seres vivos...

Los agentes modeladores llevan a cabo su acción sobre las rocas mediante tres procesos: erosión, transporte y sedimentación.

LA EROSIÓN

Es un desgaste progresivo de las rocas por la acción de agentes modeladores. Es una combinación de dos procesos: la **meteorización**, que es la alteración y la fragmentación de las rocas por la acción física y química de la atmósfera, la hidrosfera o la biosfera y la **denudación** o retirada de la roca de los materiales fragmentados.

EL TRANSPORTE

Es un desplazamiento de los fragmentos de roca erosionados, desde las zonas más altas del relieve hasta las zonas más bajas. Lo llevan a cabo agentes capaces de arrastrar dichos fragmentos (corrientes de agua, viento, glaciares) o de inducirles un movimiento (gravedad).

LA SEDIMENTACIÓN

Es el depósito y la acumulación, de los fragmentos transportados, en zonas como los fondos marinos cercanos a la costa, los lechos y los márgenes de los ríos, las zonas de piedemonte de las laderas, etc.

6.2. El modelado y la dinámica litosférica

El modelado de las rocas superficiales no es igual en todas las zonas de la litosfera. Su intensidad y su modo de acción dependen de ciertos factores, como el clima de cada región o el tipo y la disposición en las rocas del terreno.

La dinámica litosférica determina esos factores en cada zona debido a razones como las siguientes:

- Al cambiar las placas, las rocas de la litosfera cambian su ubicación (tanto su latitud como su altitud) y quedan expuestas a diferentes condiciones climáticas, lo que hará que sobre ellas actúen, preferentemente, unos determinados agentes modeladores propios de un clima y no otros.
- Los cambios en las placas pueden modificar el tipo y la disposición de las rocas de un terreno. Por ejemplo, el metamorfismo sobre algunas rocas las hace más resistentes al modelado; en cambio, las deformaciones tectónicas las rompen o las pliegan y las hacen más vulnerables a los agentes modeladores.

6.3. De sedimentos a rocas

Tiene lugar en dos etapas:

- La acumulación de capas sedimentarias
- La diagénesis.

LA ACUMULACIÓN DE CAPAS SEDIMENTARIAS

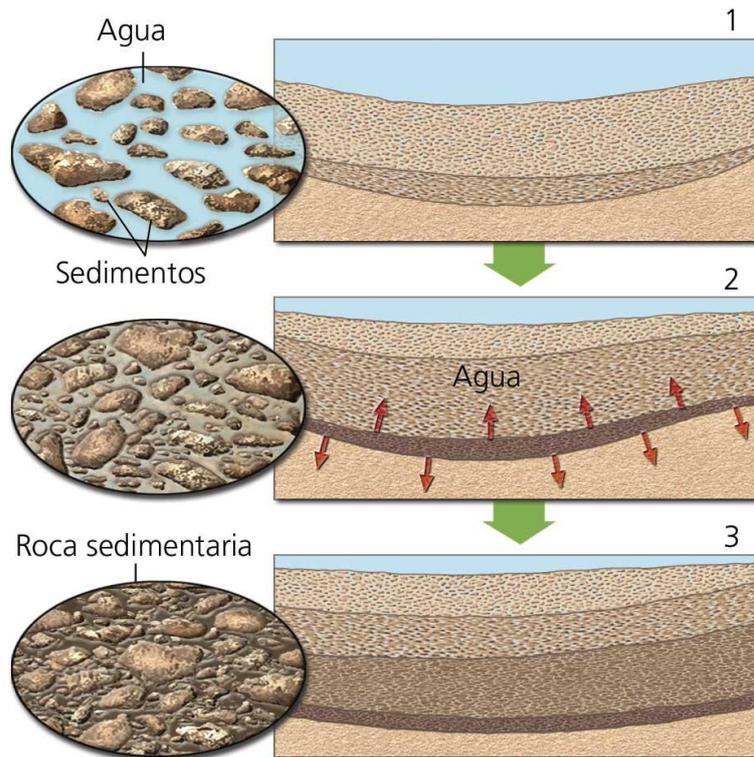
El proceso comienza con la acumulación de partículas minerales, llamadas sedimentos, en el fondo de depresiones, generalmente inundadas, que se llaman cuencas sedimentarias. Esos sedimentos pueden ser fragmentos de roca transportados hasta allí, o sales minerales disueltas en el agua que cubre la cuenca que precipitan y caen al fondo.

En cualquiera de los dos casos, los sedimentos se acumulan generalmente en capas horizontales denominadas estratos (cada uno compuesto por sedimentos de un mismo tipo). Es un proceso que dura millones de años y como resultado se originan numerosos estratos, de composición diferente, unos sobre otros.

LA DIAGÉNESIS

Es el mecanismo que transforma los sedimentos en rocas sedimentarias. Consta de dos etapas: compactación y cementación.

- La compactación se produce en los estratos más profundos de la cuenca. Es una compresión de los sedimentos que reduce los huecos entre las partículas y expulsa el agua y el aire que los ocupaban.
- La cementación es la precipitación, entre las partículas de los sedimentos, de ciertas sustancias llamadas cementos, que estaban disueltas en el agua que se expulsó. Los cementos rellenan los poros y unen fuertemente las partículas. El resultado es una roca sedimentaria.



6.4. Dónde se forman las rocas sedimentarias

Cuencas sedimentarias en bordes convergentes. Las principales se sitúan en las fosas de los bordes de colisión entre una placa oceánica y otra continental o en los fondos marinos que hay entre dos masas continentales que se aproximan, poco tiempo antes de colisionar.

Cuencas sedimentarias en bordes divergentes. Casi todas se sitúan en bordes que están en las primeras etapas del ciclo de Wilson, cuando se forma un mar estrecho que recibe los sedimentos procedentes de los bloques continentales de ambos lados.

Cuencas sedimentarias en zonas de intraplaca. Las más importantes son las de plataformas continentales situadas lejos de los bordes de placa o las que se forman en las depresiones con lagos o lagunas en el interior de los continentes.

7. La evolución del relieve. Una visión global

El relieve terrestre no es algo inmutable. Evoluciona continuamente debido a la acción conjunta de los procesos geológicos.

7.1. Así evoluciona el relieve

Las acciones de los procesos endógenos y exógenos son continuas y coexisten. Es decir, al mismo tiempo que se produce el plegamiento y elevación de las cordilleras por causas tectónicas (orogénesis), los procesos exógenos están actuando sobre las rocas de ese terreno, desgastándolo poco a poco (gliptogénesis).

Podríamos decir que el relieve no se crea ni se destruye, sino que se transforma continuamente.

CÓMO SE ESTUDIA EL RELIEVE

Se deben tener en cuenta tres aspectos:

- Cómo es el relieve, es decir, cómo son sus formas y qué rocas lo componen.
- Qué procesos actúan principalmente en la región.
- Cuál es la historia de ese relieve (su evolución)

La geomorfología es a parte de la geología que estudia la configuración, el origen y la evolución de las formas que adquiere el relieve terrestre como consecuencia de la acción combinada de los procesos geológicos.

7.2. Determinantes del relieve

Los principales factores que determinan la evolución de un relieve con la composición litológica del terreno, el clima, la estructura tectónica de la zona o la presencia del mar. Otros factores, como la acción del ser humano, contribuyen, aunque en menor medida.

LA COMPOSICIÓN LITOLÓGICA DEL TERRENO

El tipo de rocas que conforman un terreno influye en la fisonomía del relieve de dos maneras:

- Por una parte, la configuración que adquieren las masas rocosas durante su formación determina las formas presentes en el terreno. Por ejemplo, los edificios volcánicos o los emplazamientos de las rocas plutónicas generan relieves con formas muy características.
- Por otra parte, las propiedades de cada roca hacen que se comporte de un modo particular ante los procesos del modelado. Un terreno formado por rocas duras e insolubles es modelado de forma diferente que un terreno de calizas o que otro de arcillas sueltas.

EL CLIMA

Las condiciones climáticas habituales de la zona hacen que sobre las rocas actúen con más intensidad unos agentes del modelado que otros. Por ejemplo, en los climas áridos apenas actuarán las corrientes de agua; en los climas fríos, el principal agente modelador será el hielo, etc.

LA ESTRUCTURA TECTÓNICA DEL TERRENO

La forma en que están dispuestas las rocas de un terreno (su estructura) es debida fundamentalmente a los esfuerzos tectónicos que ha sufrido la región. Esto puede condicionar la presencia de formas como estratos plegados, elevaciones montañosas...

LA PRESENCIA DEL MAR

La acción del agua marina en movimiento determina la fisonomía de los relieves costeros, ya que produce formas exclusivas de este ambiente.

OTROS FACTORES

La acción del ser humano, al construir infraestructuras como embalses, o canteras, puede cambiar el modo en el que actúan los agentes geológicos externos sobre los terrenos, e influir en el relieve de un modo indirecto.

8. Los relieves terrestres

La predominancia de alguno de los factores determinantes del relieve sobre los otros imprime una fisonomía característica a cada relieve, pudiendo clasificarlos en cuatro grandes categorías:

- Litológicos
- Climáticos

- Estructurales
- Costeros

8.1. Los relieves litológicos

Son aquellos cuyas formas se deben, fundamentalmente, al tipo de rocas que componen el terreno.

Tienen formas que derivan de la disposición original de las rocas (formas originales), y otras que resultan de la acción de los procesos exógenos sobre ellas (formas derivadas).

Los principales relieves de este tipo son los volcánicos (materiales procedentes de actividad volcánica), los graníticos (emplazamientos plutónicos de granito), y los kársticos (casi exclusivamente en masas de roca caliza).

Los relieves volcánicos

Determinados por la actividad volcánica.

Sus formas originales están determinadas por el modo en que se acumulan los materiales expulsados por los volcanes según su explosividad: edificios volcánicos, coladas de lava, campos piroclásticos, etc.

Las formas derivadas se originan cuando la erosión actúa sobre los materiales menos compactos, como cenizas o piroclastos, y deja los más duros, como las rocas de coladas y del interior de las chimeneas volcánicas. Esto forma las calderas, las mesetas de lava y los pitones o roques.



Volcán



Isla Decepción (Antártida)



Pitón volcánico

Los relieves graníticos

Aparecen sobre emplazamientos de granito que quedan al retirar la erosión los materiales que los cubrían.

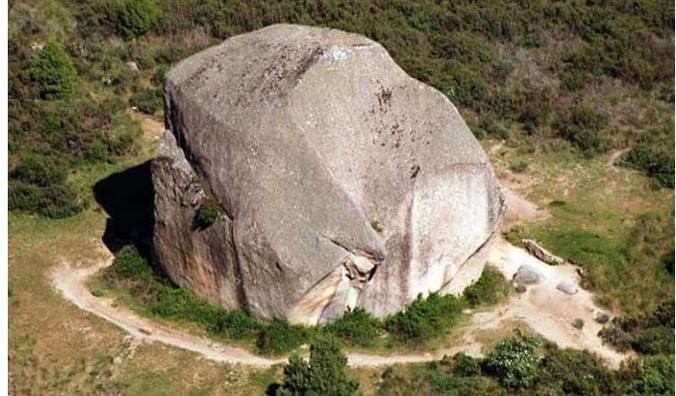
Las formas que adquieren estos granitos expuestos se deben, en parte, a la forma original de los plutones y, en parte, a la meteorización de la roca (hidrólisis y termoclastia), sobre todo en sus diaclasas.

Esto provoca que el macizo de roca se fragmente en bloques redondeados muy grandes (yelmos o domos), o menores y amontonados (pedrizas y berrocales), así como plataformas de rocas (lancharas)

Al pie de estas formaciones se forman depósitos de materiales sueltos (granito arenizado).



Domo



Pedriza



Lanchar

Los relieves kársticos

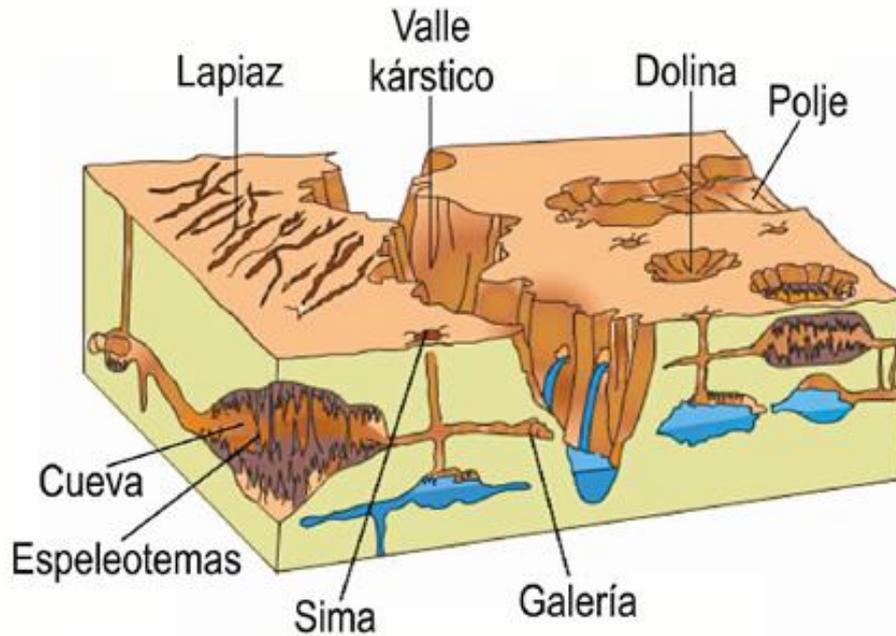
Son el resultado de un tipo de modelado que se produce, casi exclusivamente, en las masas de rocas calizas. Resulta de la acción geológica de las aguas que se infiltran bajo la superficie de estas rocas para formar aguas subterráneas.

Esa agua suele llevar disuelto CO_2 atmosférico que reacciona con el carbonato de calcio de la caliza (insoluble) y lo transforma en bicarbonato de calcio (soluble). Esto es un tipo de meteorización química llamada carbonatación:



Esa agua altera y disuelve los macizos de caliza y va agrandando grietas y fisuras hasta horadar la superficie y formar lapiazes, dolinas o poljés y cavidades internas como simas, galerías y cavernas, que acaban en torcas y cañones.

Además, en las cavidades, el bicarbonato de calcio disuelto puede transformarse de nuevo en carbonato no soluble y depositarse (precipitar), dando lugar a estalactitas y estalagmitas. La reacción es la opuesta a la anterior:



8.2. Los relieves climáticos

Son aquellos cuya configuración depende, en gran medida, del clima de la región, ya que este determina qué agentes del modelado actúan preferentemente sobre las rocas.

Se puede decir que existen tres grandes zonas morfoclimáticas: son las zonas frías, las cálidas y las templadas.

Los relieves de zonas frías

En las regiones polares y subpolares y en la alta montaña, las bajas temperaturas favorecen la acción modeladora de procesos relacionados con el hielo. Por ejemplo:

La gelifracción, que fragmenta las rocas y las acumula formando canchales.

Los ciclos de hielo y deshielo, congelan y descongelan periódicamente los suelos haciendo que varíen su volumen de forma irregular, lo que puede originar, por ejemplo, céspedes almohadillados.

La acción de los glaciares, cuya abrasión forma circos y valles en forma de U, así como depósitos de rocas trituradas (morrenas, campos de till o varvas).



Canchal



Césped almohadillado



Relieve glaciar – valle en U



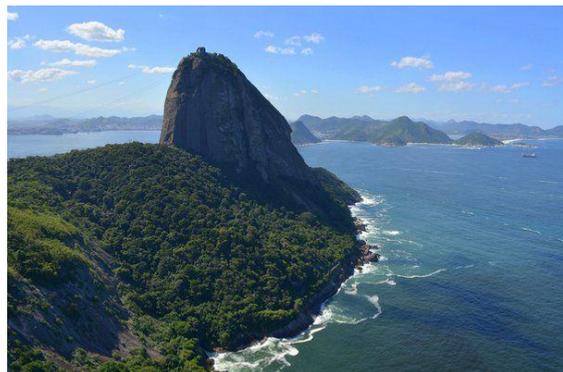
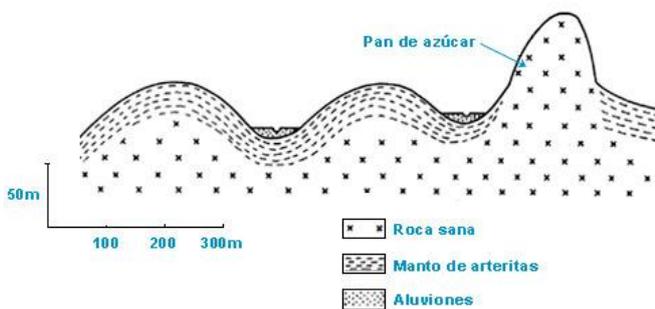
Valle glaciar

Los relieves de zonas cálidas

Se diferencian dos tipos en función de la pluviosidad:

Relieves de zonas hiperhúmedas. En regiones ecuatoriales. Se favorece la acción de la meteorización química que disgrega la roca. Estos relieves se caracterizan por tener profundos mantos de alteración sobre la roca y montículos redondeados o panes de azúcar.

Relieves de desiertos tropicales. La aridez es extrema, hay grandes diferencias de temperatura entre día y noche y casi no crecen plantas, lo cual favorece por una parte la termoclastia (que fragmenta la roca por cambios bruscos de temperatura) y la acción eólica, por la que el viento arrastra arena, desgasta las rocas que golpea y les da forma de seta o de arco, y deposita la arena formando dunas.



Pan de azúcar



Desierto de arena

Los relieves de zonas templadas

Los procesos que más influyen son los gravitacionales y la acción de las corrientes de agua. Se distinguen dos modelados:

En las zonas templadas y secas, con precipitaciones irregulares y torrenciales, las corrientes de agua son violentas e inconstantes. Aquí se forman badlands con cárcavas, torrenteras y abanicos aluviales.

En las zonas templadas y húmedas, con precipitaciones constantes y vegetación abundante, se favorece la formación de ríos. A lo largo de su curso, los ríos originan relieves característicos como valles, llanuras de inundación, terrazas, meandros y deltas o estuarios.



Badlands



Meandros



Delta

8.3. Los relieves estructurales

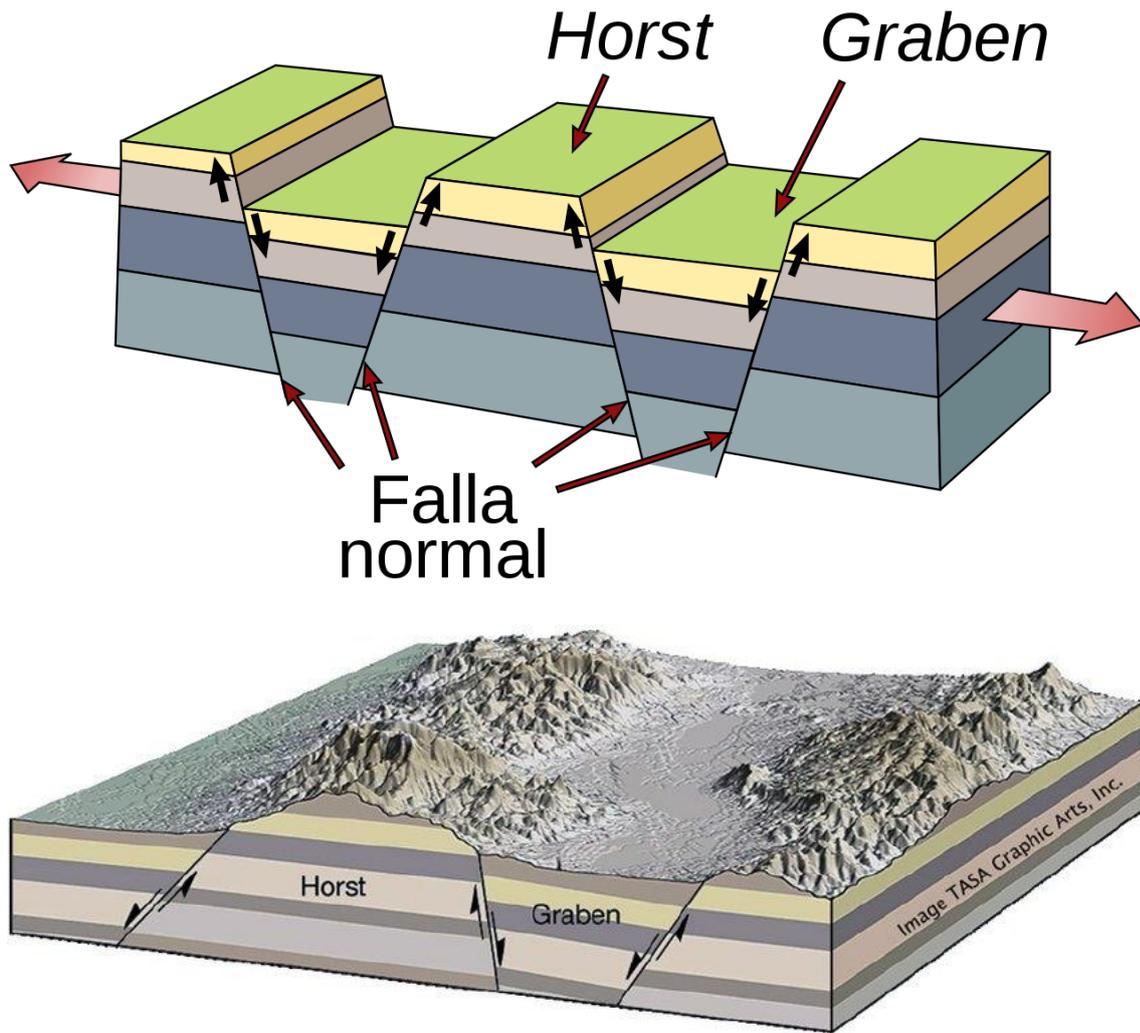
Son aquellos cuya configuración se debe, fundamentalmente, a la deformación tectónica de las rocas del terreno.

Tipos de relieves estructurales

Relieves en regiones horizontales. Se forman llanuras elevadas, como las mesas o los páramos. Cuando la erosión progresa, el nivel de la llanura descende, pero quedan muelas o cerros testigos allí donde había capas de rocas más duras.

Relieves en regiones plegadas. Donde hay rocas sedimentarias con distinta resistencia a la erosión y afectadas por pliegues tienen capas inclinadas. La erosión diferencial de esas capas hace que las más duras sobresalgan formando relieves con cuestas y crestas.

Relieves en regiones fracturadas. Las zonas afectadas por fallas presentan un relieve que alternan zonas elevadas (horst) y hundidas (fosas o grabben).



8.4. Los relieves costeros

Se desarrollan en terrenos que están en contacto directo con el mar y se deben, casi exclusivamente, a la acción geológica de este.

El oleaje, las mareas y las corrientes pueden erosionar las rocas de la costa (abrasión marina) y transportar sus fragmentos hasta depositarlos en determinadas zonas del litoral. Como resultado se originan unas zonas del relieve muy características.

Formas debidas a la abrasión

Suele formar acantilados

En la base de estos acantilados se originan arcos y cuevas hasta que la parte superior pierde el apoyo y se derrumba. Los restos caídos quedan al pie del risco y son modelados por el oleaje formando la llamada plataforma de abrasión. En ocasiones un trozo de acantilado queda separado de la línea de costa originando un tómbolo.



Acantilado



Tómbolo

Formas debidas a la sedimentación

Las corrientes litorales y las mareas transportan los materiales arrancados por el oleaje y los que aportan los ríos en sus desembocaduras.

Se depositarán en los fondos cercanos a la costa originando acumulaciones lineales como las playas, las barras o islas barreras o las flechas. Si estos bancos de arena y limo cierran una bahía, forman lagunas litorales (albuferas); si lo que cierran es el estuario de un río, forman marismas.



Playa



Barra



Flecha litoral



Albufera (Albufera de Valencia)

9. La información contenida en los estratos

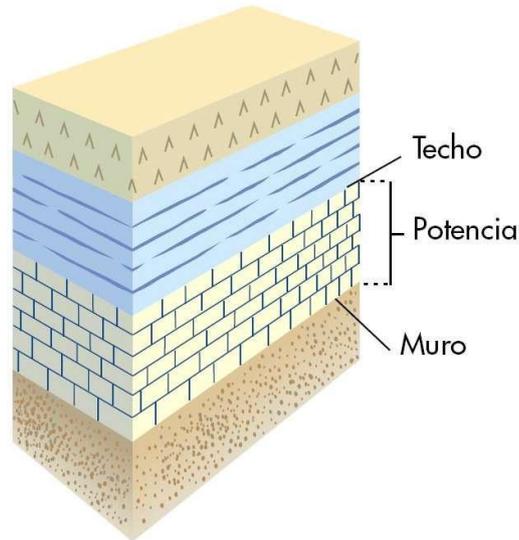
El resultado de la evolución de una cuenca sedimentaria hace que cada uno de sus estratos tenga, en la actualidad, unas características determinadas que informan sobre su historia geológica.

Las principales características de un estrato son su forma, su composición litológica, su disposición y los fósiles que contiene.

La forma de los estratos

Los estratos suelen tener una extensión horizontal limitada, que coincide con la de la zona de la cuenca en la que se depositaron. Tienen bordes laterales que proporcionan información sobre la forma en que se depositaron en la cuenca.

Además, cada estrato tiene un espesor o **potencia** que se mide entre sus dos límites o planos de estratificación: el límite inferior o **muro**, y el superior, o **techo**. El espesor de un estrato no está necesariamente relacionado con la duración del proceso sedimentario.



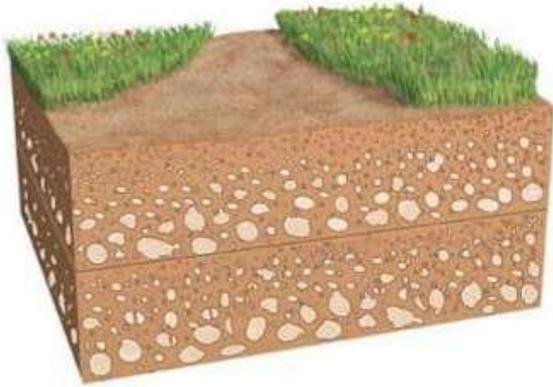
La composición litológica

El tipo de roca que forma el estrato indica la naturaleza de los sedimentos que lo formaron. Por ejemplo:

Si se trata de rocas de precipitación química, como las calizas o las margas, tendrán indicios sobre condiciones que favorecieron esa precipitación.

Si se trata de clastos (fragmentos) procedentes de la erosión de otras rocas, proporcionarán pistas sobre cuáles eran las rocas que se erosionaron. También sobre el tipo de transporte que sufrieron: los clastos redondeados indican transporte por un río; los cantos angulosos, pueden sugerir procedencia glacial; los estratos formados por fragmentos ordenados por tamaño (los más finos dispuestos sobre los gruesos) indica una granoselección por deposición gravitatoria ordenada en aguas tranquilas...

GRANOSELECCIÓN

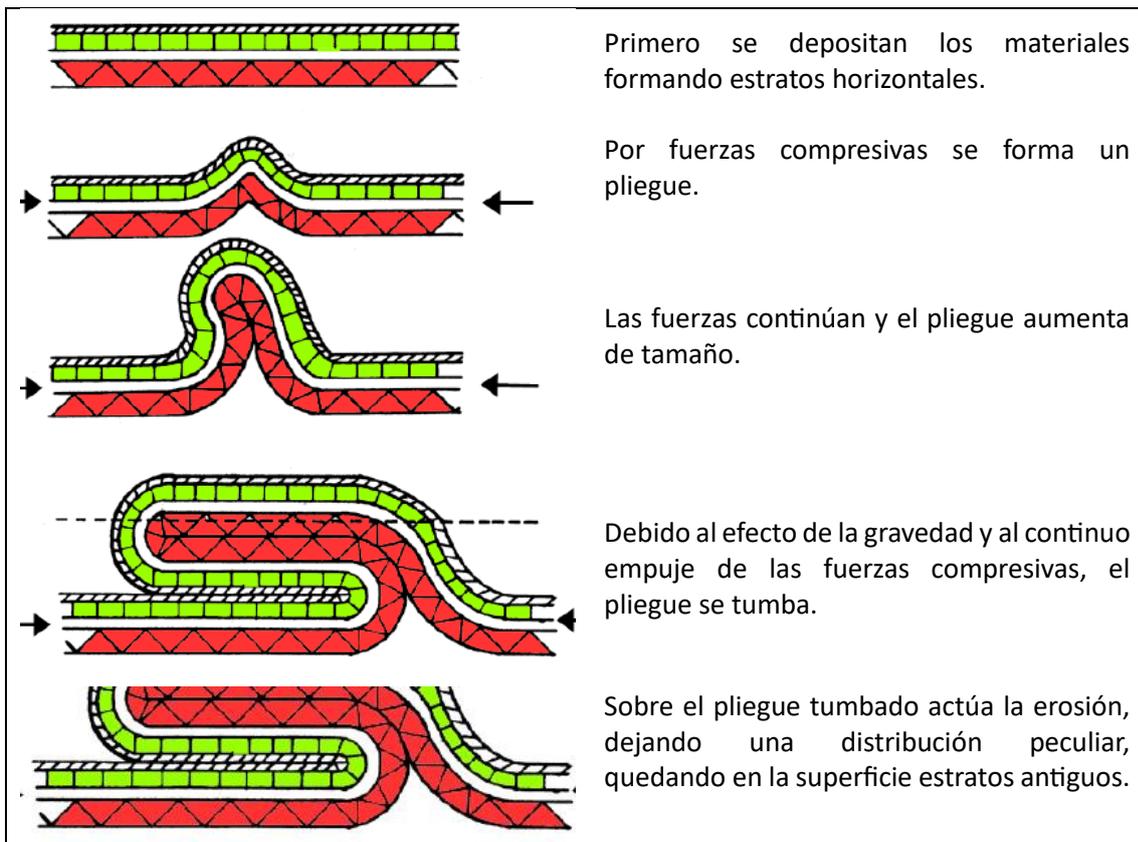


En la imagen se pueden ver dos estratos en los que se han depositado materiales indicando claramente granoselección ocasionada por deposición gravitatoria ordenada en aguas tranquilas.

La disposición de las capas

La forma en que se disponen los estratos (si están horizontales, inclinados, plegados, fracturados o interrumpidos...) indica si han sido afectados por procesos geológicos posteriores a su génesis.

En la siguiente imagen comentada se explica una posible evolución en el tiempo de una secuencia de estratos.



10. Interpretando el registro

La estratigrafía es la parte de la geología que trata de interpretar el registro estratigráfico estudiando las características de los estratos para identificar los eventos registrados en ellos y situarlos en la historia de la Tierra.

Una de las primeras tareas es establecer si entre los grupos de estratos hay continuidad temporal, es decir, si se formaron en la misma cuenca y sin interrupciones largas en la sedimentación.

Para ello, se analizan las superficies de separación entre los estratos. Según esto, se definen las secuencias y las series estratigráficas.

10.1. Secuencias estratigráficas

Están formadas por dos o más estratos separados por sus planos de estratificación. Estas superficies indican breves interrupciones de la sedimentación o cambios en el tipo de sedimentos.

Los estratos de una secuencia se formaron en la misma cuenca y tienen continuidad temporal.

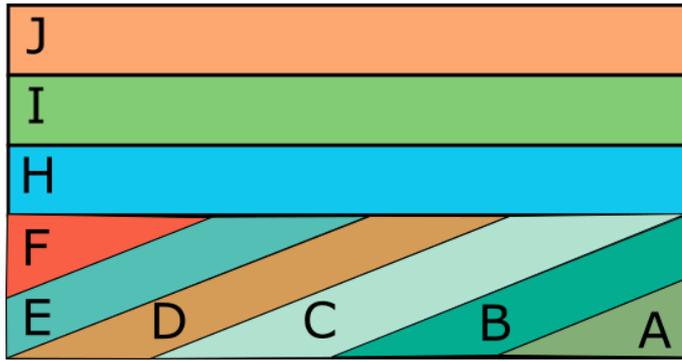
10.2. Series estratigráficas

Las series estratigráficas constan de dos o más secuencias que no tienen por qué estar formadas en la misma cuenca y no tienen continuidad temporal.

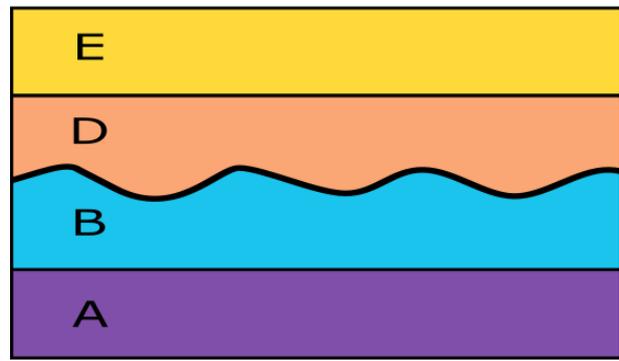
Las secuencias de una misma serie están separadas por **discontinuidades estratigráficas**, que son superficies que indican una larga interrupción de la sedimentación en una cuenca.

Tipos de discontinuidades

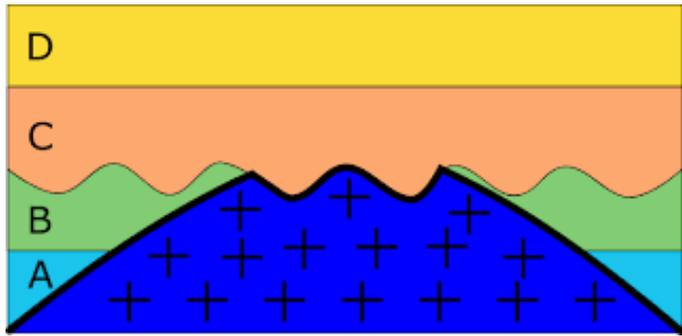
- **Discordancia angular.** Una superficie de erosión (no visible) separa la sucesión estratigráfica inferior, que fue plegada anteriormente. Las dos sucesiones estratigráficas no son concordantes. Es decir, se trata de una superficie de erosión entre estratos buzantes o plegados sobre la que se han depositado estratos más recientes.
- **Las disconformidades (paleorrelieves).** Superficies irregulares que se originan cuando los estratos de una secuencia sufren diagénesis y, después, son plegados y erosionados. La siguiente secuencia, horizontal en origen, se deposita sobre esta superficie plegada y erosionada, de modo que el contacto entre ambas series es muy visible.
- **Las incorfomidades.** Se origina cuando una masa de rocas magmáticas se emplaza entre los estratos de una serie. Creando una superficie de contacto muy evidente.
- **Las paraconformidades.** Se originan cuando en la cuenca hay una interrupción de la sedimentación muy duradera, pero los estratos no se deforman ni se erosionan. De este modo, la siguiente secuencia, mucho más moderna, se deposita horizontalmente sobre la anterior y parece tener continuidad.



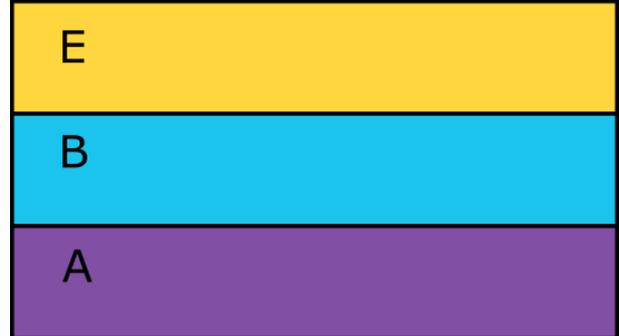
Discordancia angular



Disconformidad

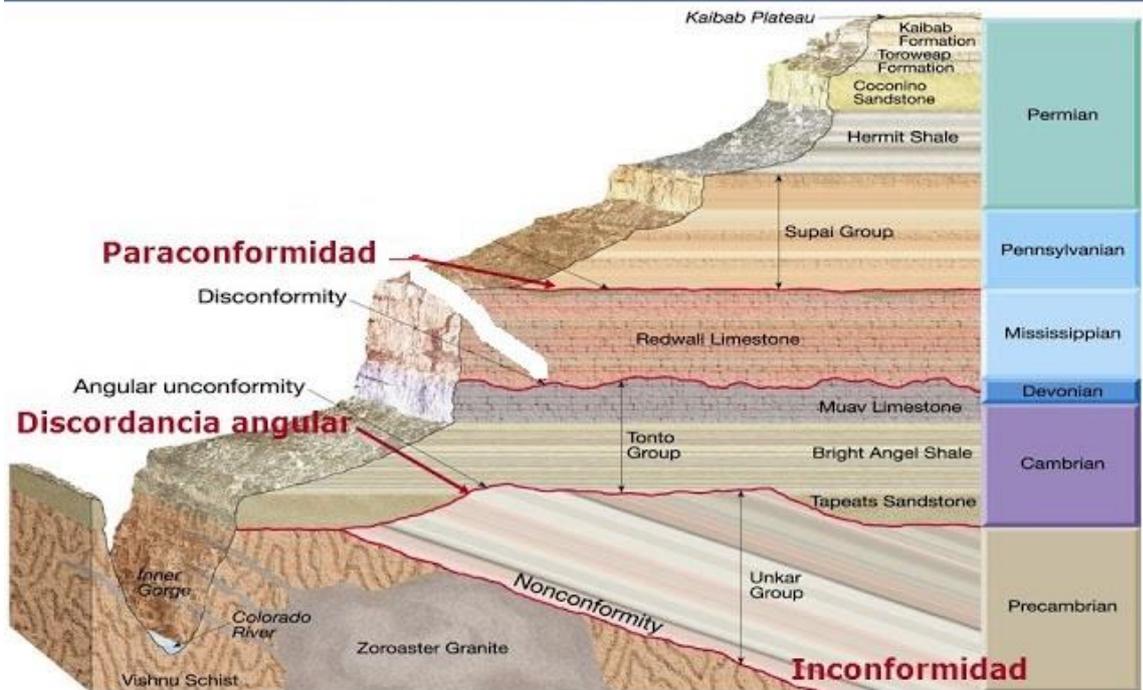


Inconformidad



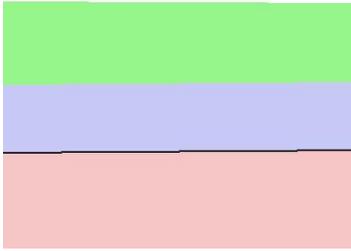
Paraconformidad

Ej. Discontinuidades estratigráficas en el Gran Cañón



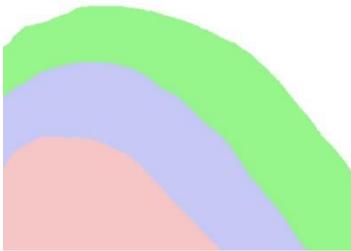
Ejemplo de la formación de una discontinuidad: Discordancia angular:

Se depositan los estratos



En primer lugar, se depositan estratos para formar una secuencia estratigráfica.

Se pliegan los estratos



Los estratos depositados se pliegan por la acción de fuerzas compresivas.

Se erosionan los estratos



Los estratos plegados se erosionan.

Se depositan nuevos estratos



Encima de esa secuencia estratigráfica plegada y erosionada se deposita otra secuencia estratigráfica (ya tenemos una serie estratigráfica formada por dos secuencias estratigráficas). Y podemos ver una discordancia angular.

10.3. Los principios básicos de la estratigrafía

Para poder interpretar los acontecimientos registrados en los estratos y ordenarlos en el tiempo, unos respecto de los otros, se aplican a las series estratigráficas los principios básicos siguientes:

- Principio de actualismo
- Principio de la sucesión de los acontecimientos geológicos
- Principios sobre la disposición de los estratos

- Principio de la sucesión de los fósiles

Principio de actualismo

- Los procesos geológicos que actuaron en el pasado son los mismos y tienen los mismos efectos en las rocas que los procesos que se pueden observar en la actualidad.

Principio de la sucesión de los acontecimientos geológicos

- Cualquier acontecimiento geológico es posterior a la formación de las rocas a las que afecta o a los fenómenos cuyas huellas altera.

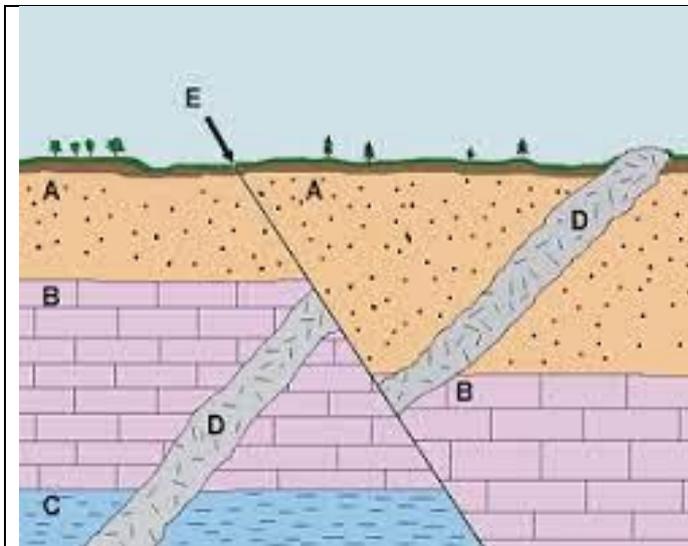
Principios sobre la disposición de los estratos

- La horizontalidad original. Los estratos tienen a conservar su disposición horizontal que tenían cuando se formaron en la cuenca sedimentaria
- La continuidad lateral. Un estrato tiene la misma edad en toda su extensión.
- La superposición. En una secuencia de estratos que no se haya invertido al plegarse, cada capa es más antigua que las que tiene encima.

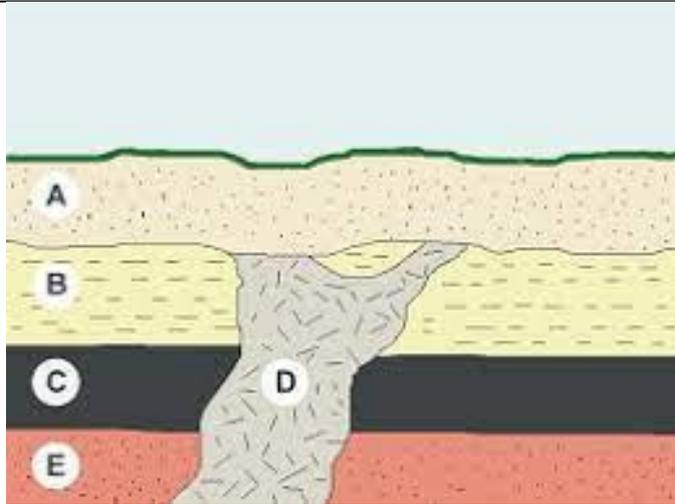
Principio de la sucesión de fósiles

- Los estratos con los mismos fósiles tienen la misma edad. En la aplicación de este principio son muy importantes los fósiles guía.

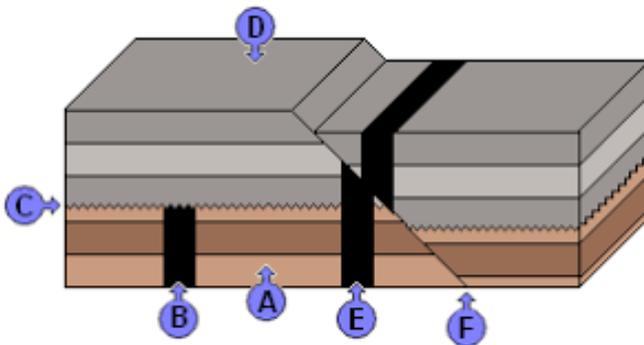
CASOS PRÁCTICOS



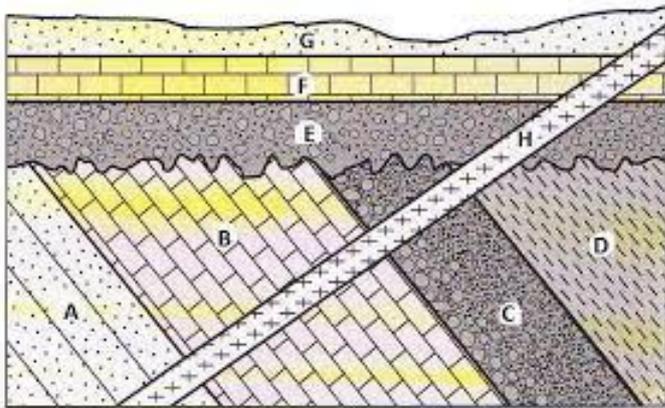
Primeramente, se depositaron los estratos C, B y A, en ese orden. Posteriormente se “deposita” el estrato D (se trata de una intrusión magmática). Y, ya en último lugar, unas fuerzas distensivas sobre el terreno provocan la aparición de una falla normal que afecta a todos los estratos anteriores.



En primer lugar, se depositan los estratos E, C y B. Tras ellos ocurre una intrusión del estrato D. Esos estratos se erosionan y se deposita sobre ellos el estrato A.



En primer lugar, se depositan los estratos A y los siguientes de color marrón. Después ocurre la intrusión del B. Toda esa secuencia sedimentaria se erosiona y comienza a depositarse sobre ella una nueva secuencia, formada por los estratos de color gris. Tras ellos ocurre la intrusión de E y, posteriormente, una falla normal, provocada por fuerzas distensivas.



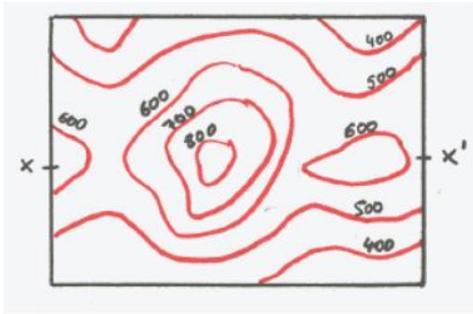
Se depositan los estratos A, B, C y D (en ese orden). Esa secuencia estratigráfica se pliega (siempre por fuerzas compresivas) y se erosiona. Sobre esa secuencia se deposita una nueva secuencia, ya horizontal, formada por los estratos E, F y G (se trata de una discontinuidad de tipo "discordancia angular"). Y ya por último ocurre la intrusión del material del estrato H, afectando a todos los estratos anteriormente depositados.

11. Perfiles topográficos

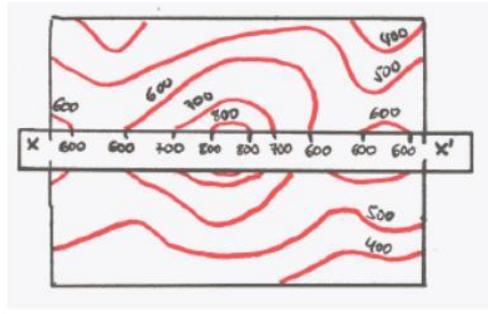
El perfil topográfico es la representación gráfica de una sección vertical del relieve. Se utiliza para hacer los cortes geológicos.



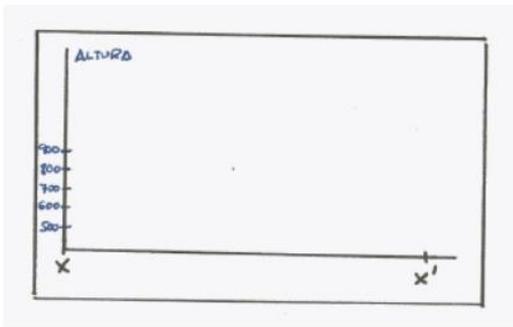
Cómo hacer un perfil topográfico



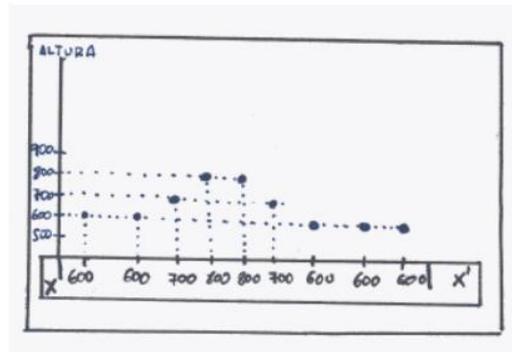
1. MAPA TOPOGRÁFICO
CON LAS CURVAS DE NIVEL



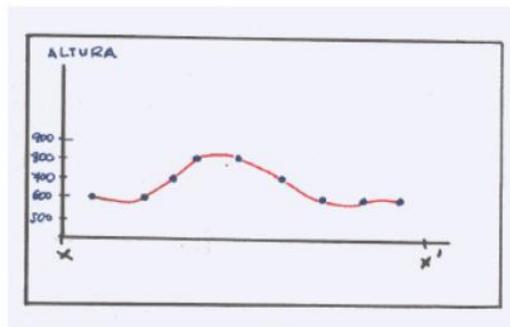
2. SEÑALAR EN UNA TIRA LAS
CURVAS DE NIVEL



3. TRAZAR EN PAPEL MILIMETRADO
UN EJE DE ORDENADAS Y ABCISAS

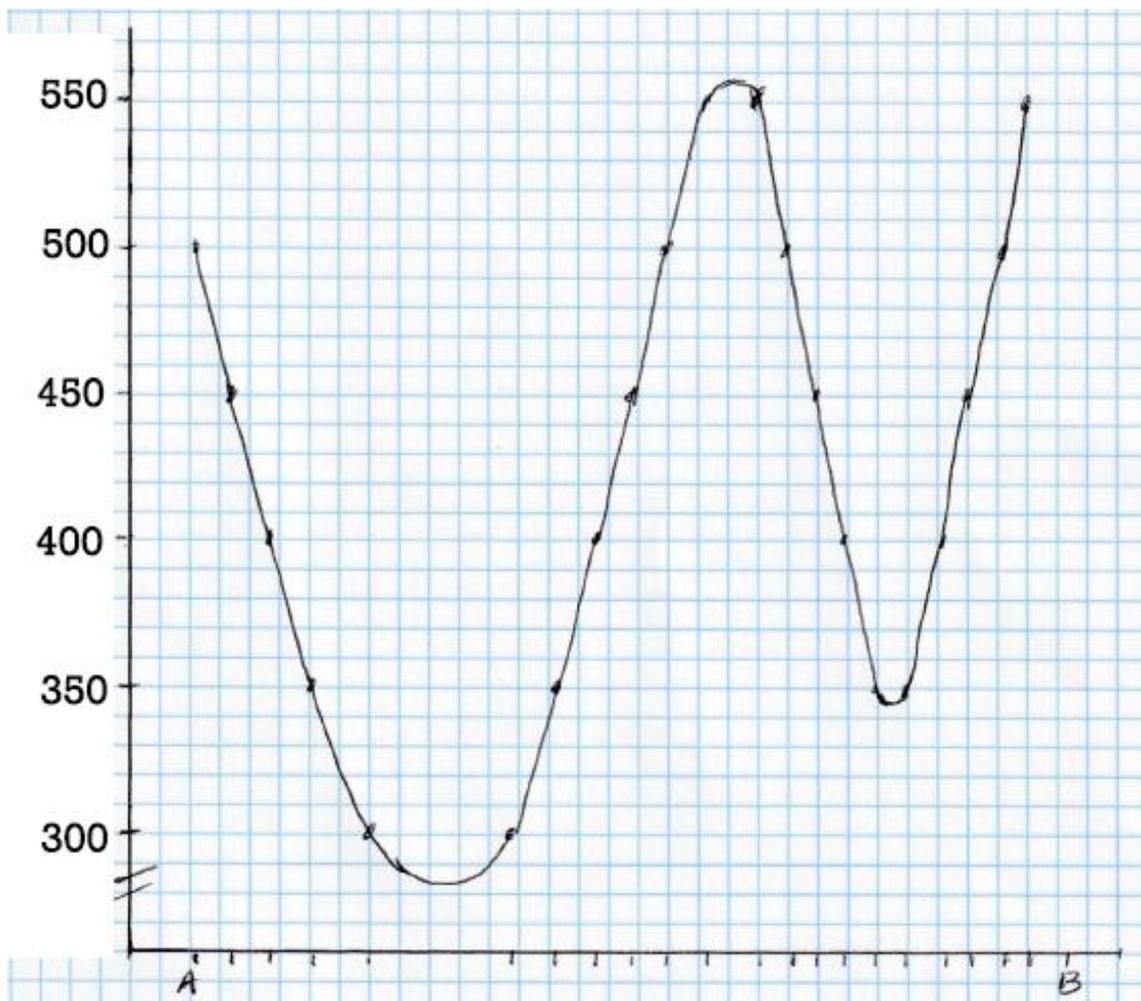
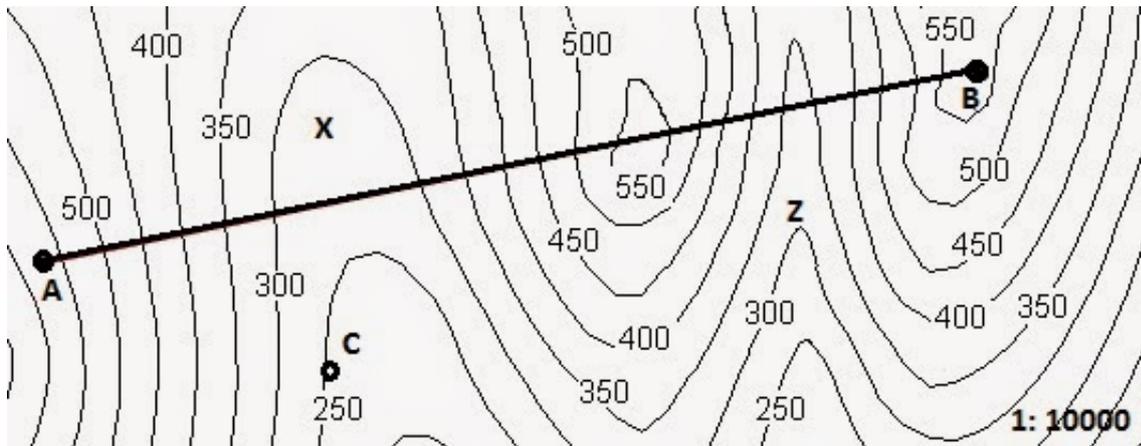


4. LLEVAR LOS PUNTOS DE LA TIRA
AL EJE

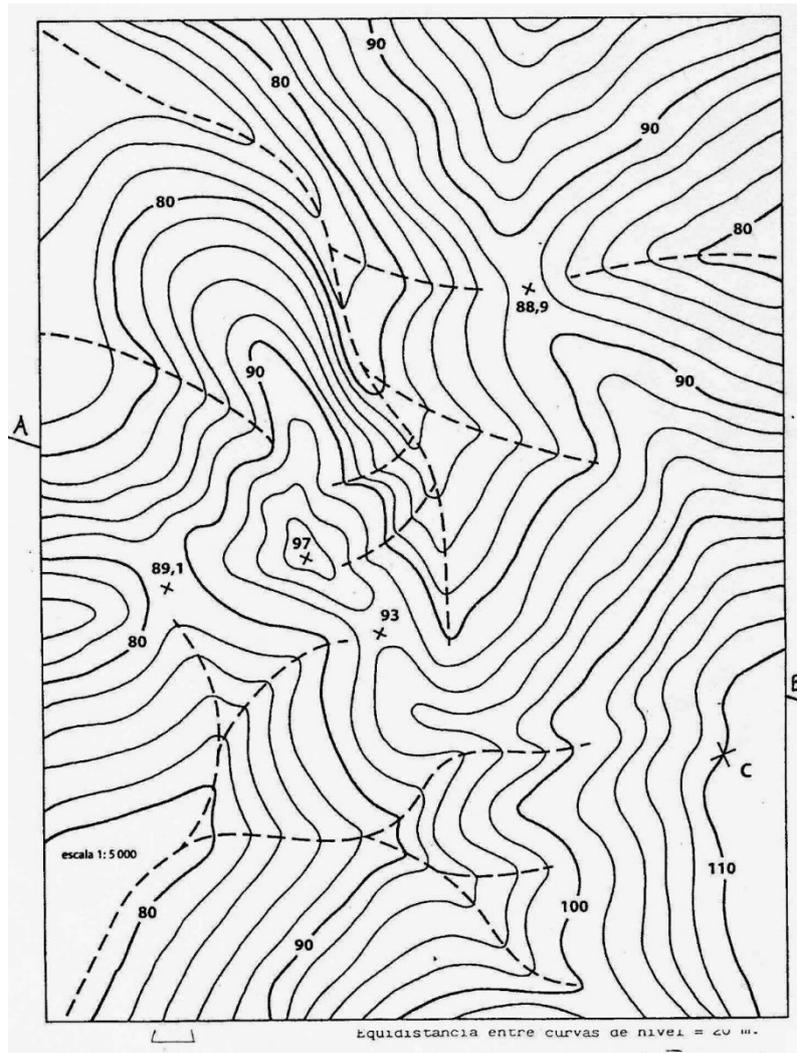


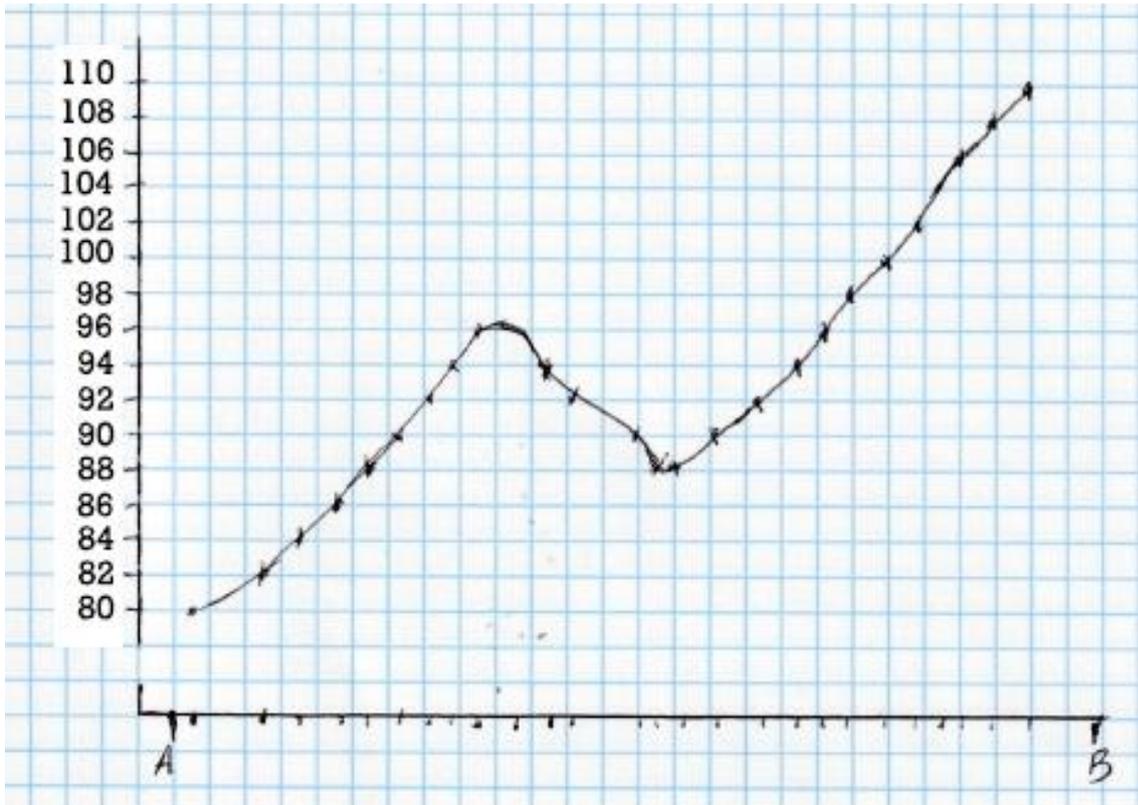
6. LEVANTAR EL PERFIL TOPOGRÁFICO

Ejemplos, hechos en clase, de la realización de perfiles topográficos:



En el eje X hemos indicado los puntos que se corresponden con cada punto de altura sacados del mapa topográfico, y en el eje Y hemos puesto las alturas, para hacer el perfil topográfico.



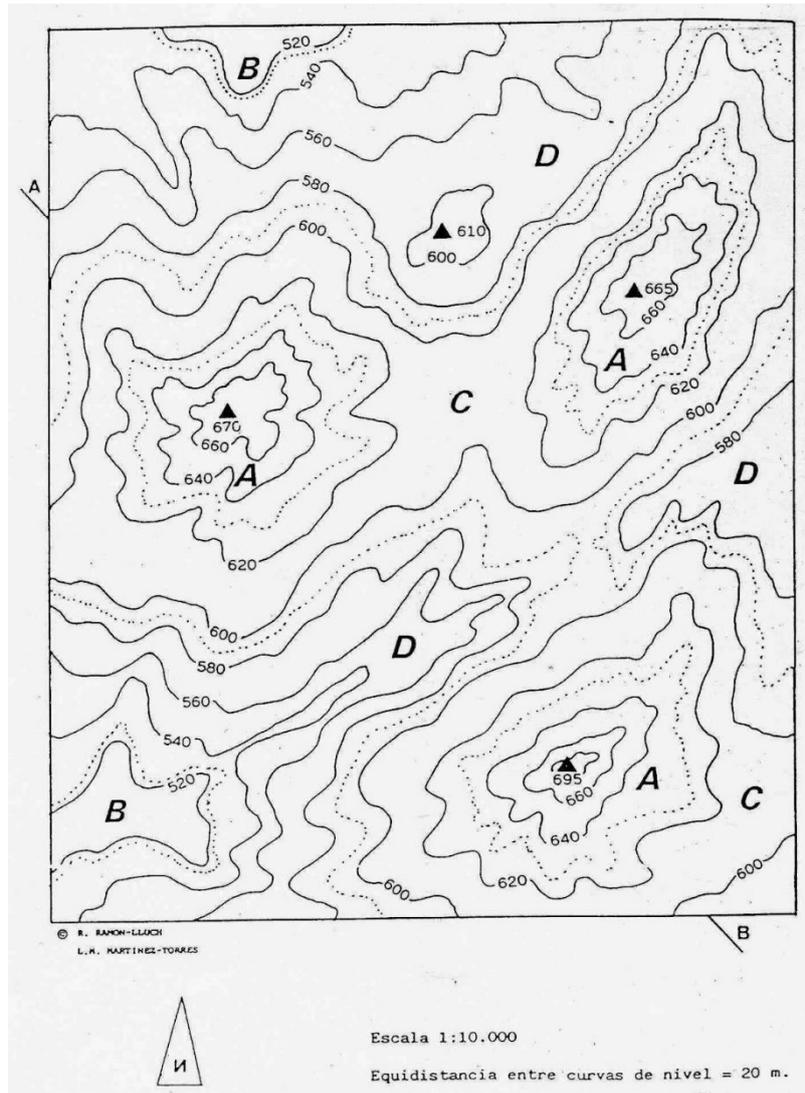


Igual que en el caso anterior, en el eje X hemos indicado los puntos que se corresponden con cada punto de altura sacados del mapa topográfico, y en el eje Y hemos puesto las alturas, para hacer el perfil topográfico.

Cómo hacer los mapas a escala real:

En los dos casos anteriores hemos tomado referencia de las distancias entre los puntos de las isolíneas de altura y, posteriormente, en el eje Y hemos indicado las altitudes; pero esa segunda parte no la hicimos a escala, es decir, no hemos tenido en cuenta, en el primer caso que la escala es 1:10000 y en el segundo ni siquiera nos indican la escala en el mapa topográfico, con lo que resulta imposible hacer el perfil topográfico a escala.

Vamos a aprender ahora a hacer el perfil topográfico a escala. Para ello utilizaremos un nuevo mapa y veremos cómo debemos proceder:



En el mapa nos indican que la escala es 1:10000. Eso quiere decir que cada unidad que tengamos en el mapa serán 10000 unidades en la realidad; es decir, 1 cm en el mapa equivale a 10000 cm en la realidad.

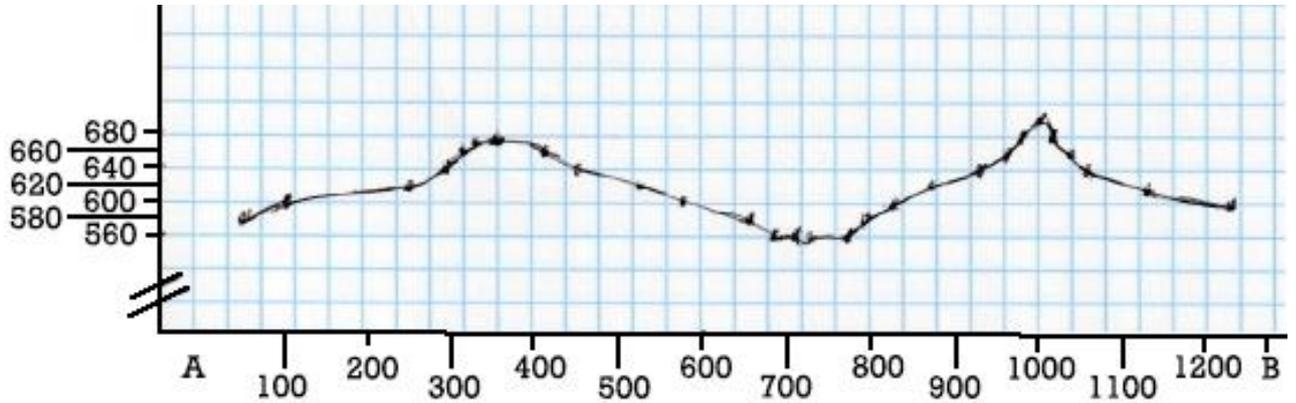
Hemos visto en el mapa que entre una isolínea y la siguiente hay 20 m, y debemos saber cuántos centímetros son esos 20 m cuando los pasamos a esa escala 1:10000. y esa distancia en cm que nos resulte será la que utilizemos en el eje Y para indicar las alturas

Podemos hacerlo como una regla de 3:

1 cm ----- 10000 cm

X cm ----- 2000 cm (tened en cuenta que 20 m son 2000 cm)

Despejamos la X: $X = 1 \text{ cm} \cdot 2000 \text{ cm} / 10000 \text{ cm} = 0,2 \text{ cm}$ → Es decir, los 20 m que hay entre cada isolínea en el perfil topográfico equivalen a 0,2 cm



En el eje X hemos puesto marcas cada 100 metros (0,2 cm serán 20 m, así que 1 cm será 1 m, respetando la escala 1:10000).

Tanto el eje X como el Y se expresan en metros, y en los dos casos la escala es 1:10000