

## **TEMA 7: ESTRUCTURA Y DINÁMICA TERRESTRES. COMPONENTES DEL RELIEVE**

### **1. LA ESTRUCTURA Y DINÁMICA TERRESTRES.**

La Tierra se divide internamente en 3 partes: corteza, manto y núcleo, separadas por discontinuidades, que son zonas en las que la velocidad de propagación de las ondas sísmicas varía. Han servido para medir el espesor de cada una de las capas concéntricas de la Tierra. Existen 3 discontinuidades:

- de Mohorovicic, la más cercana a la superficie (alrededor de 54 km)
- de Gutenberg (2900 km)
- discontinuidad a 5000 km que separa núcleo externo del interno.

**CORTEZA:** se diferencian dos:

- Continental: limitada en profundidad por discontinuidad de Moho, tiene espesor entre 20 y 50 km. A su vez tiene dos capas: capa granítica o sial en términos antiguos geólogos (corteza superior, formada por granitos y rocas metamórficas); y basáltica o sima en términos antiguos geólogos (corteza inferior, existe en áreas continentales y oceánicas, formada fundamentalmente por rocas básicas).
- Oceánica: estructura muy homogénea con 3 capas (capa 1- 0,4 km/ capa 2-1,5 km/ capa 3-5km). En las dorsales oceánicas no existen todas.

La composición de la corteza es muy compleja: escudos precámbricos formados por granitos, márgenes continentales por sedimentos y áreas oceánicas por rocas basálticas. A las distintas capas de la corteza hay que añadir una capa sedimentaria (espesor medio de 1'8 km, constituida por rocas arcillosas, volcánicas y carbónicas) que se encuentra presente tanto en continental como en oceánica, salvo en escudos precámbricos.

La capa granítica sólo aparece en áreas continentales y predominan los granitos y rocas metamórficas ácidas.

La capa basáltica aparece tanto en áreas continentales como oceánicas y sus componentes fundamentales son rocas básicas.

**MANTO:** es la capa más importante (84% del volumen y 69% masa total del planeta). El límite de la corteza-manto está definido por un aumento de velocidad de propagación ondas sísmicas. Bullenm las diferenció en función de la distribución de las ondas elásticas: superior, de transición e inferior. Por último, el manto formado por

rocas ultrabásicas, gabros y peridotitos.

**NÚCLEO:** ocupa desde 2.900 km hasta centro Tierra, separada del manto por la discontinuidad de Gutenberg (unos 3.500km de grosor). Es el origen del campo magnético terrestre. La parte externa es líquida. Puede dividirse en 3 zonas: externo, de transición e interno. Está formado fundamentalmente por hierro y níquel (80%), silicio y azufre (20%).

Otra forma de considerar la estructura de la Tierra es según el comportamiento de los materiales que forman sus capas ante las altas temperaturas, y así se distinguen:

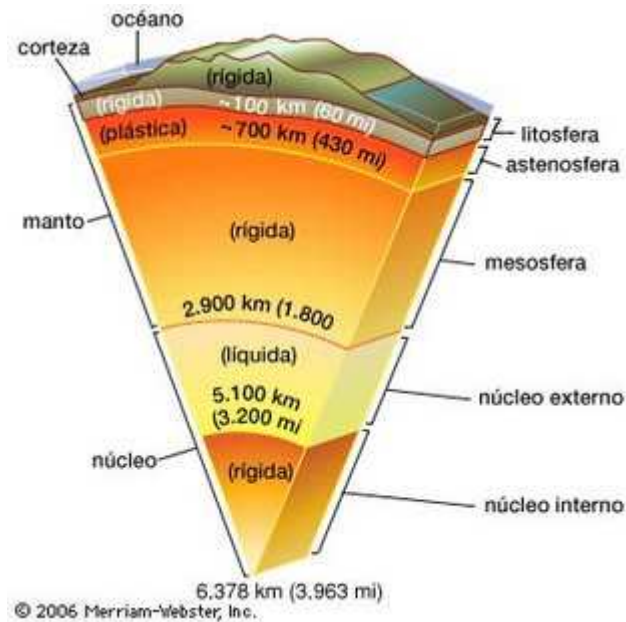
- Litosfera: capa de roca dura y quebradiza, que incluye toda la corteza y parte del manto superior más externo
- Atenosfera: debajo de la litosfera. Es la capa blanda del manto superior sobre la que yace y se mueve la litosfera.

La teoría de la tectónica de placas fue elaborada entre 1962 y 1975 por un grupo de científicos entre los que destacan Hoss, Vine y Matthews.

Supone que la corteza terrestre es móvil e inestable, según se ha constatado en las dorsales oceánicas sumergidas y por donde asciende el magma en fusión y sale al exterior, generando lava y produciendo corteza oceánica a partir del eje de la dorsal.

En las dorsales tiene lugar una gran inestabilidad con intensa actividad volcánica y sísmica; la causa principal de la expansión oceánica está en las corrientes de convección, ya que gracias a ellas se producen trasvases de materia en el interior del globo. A pesar de que continuamente se genera materia nueva en las dorsales, la superficie terrestre no aumenta indefinidamente porque la corteza sobrante es reabsorbida en otras zonas de la Tierra por un movimiento compensador. A estas zonas se las denomina de subducción, la cual tiene lugar mediante un plano inclinado conocido como superficie de Benioff.

Existen seis placas, la africana, euroasiática, indoaustraliana, pacífica, americana y antártica. Su composición no es idéntica: unas están constituidas por corteza continental y oceánica y otras sólo de oceánica. Las placas se mueven unas respecto de otras, y ese movimiento de confrontación es el que explica los movimientos orogénicos, las orogenias y las deformaciones geográficas del planeta.



## 2. LOS COMPONENTES DEL RELIEVE.

**ROCAS:** materiales formados por asociación variable de minerales, que pueden estar en:

- cristalino: los átomos se disponen en filas irregulares y en intervalos constantes formando una red .
- amorfo: los átomos se distribuyen irregularmente.

Las rocas pueden ser homogéneas (un solo componente) o heterogéneas (dos o más componentes).

El grado de cohesión permite diferenciarlas en coherentes (caliza) e incoherentes (arenas).

Por el estado en el que se encuentran se dividen en plásticas y no plásticas. Hay tres grandes grupos.

- Rocas ígneas, magmáticas o eruptivas: proceden de la consolidación por enfriamiento del magma, por lo que su origen es interno y no contienen fósiles. Hay dos subgrupos:
  - Intrusivas o plutónicas: están originadas por enfriamiento del magma ígneo. Se les ha llamado magmáticas, cristalinas, eruptivas y se dividen en intrusivas (cuando solidificación se hace dentro corteza terrestre) y efusivas (solidificación se hace en superficie).  
Todas las que tienen un origen interno. Cuando el magma se enfrió

dentro de la corteza terrestre se llaman plutones y se clasifican según la profundidad a la que se enfriaron:

Batolitos: rocas intrusivas abisales que yacen a gran profundidad.

Rocas intrusitas, a menor profundidad, como lacolitos: de forma lenticular que se introducen entre los estratos sedimentarios horizontales.

Diques y filones, que son formaciones más o menos lineales que atraviesan inclinada o verticalmente los estratos suprayacentes.

Estas rocas están compuestas por agregados de silicatos minerales y su composición puede ser muy variable, dependiendo de las condiciones bajo las que se han enfriado. Predomina el sílice, si el porcentaje es mayor del 60%, roca ígnea acida, entre 60-50%, intermedia, menos del 50% básica, menos 45%, ultrabásica.

Ejemplos son el granito, formada por cuarzo, feldespato y mica, o el gabro (formada por granos gruesos de feldespato entre otros) y el basalto (igual pero granos finos).

- Extrusivas, efusivas o volcánicas: se originan por un enfriamiento brusco del magma cuando sale a superficie, lo que provoca que no dé tiempo a que se formen cristales. Afloran en superficie formando corrientes o coladas, conos, *necks* y agujas o chimeneas. Las cenizas, lapilli y otros materiales que emiten los volcanes se depositan formando sedimentos, por lo que tienen una apariencia similar a las rocas sedimentarias.

Está formadas fundamentalmente por minerales silicatados (cuarzo, feldespatos, minerales ferromagnesianos...). Ejemplos son la andesita y riolita.

- Rocas sedimentarias: son formadas en la superficie de la Tierra (exógenas), basadas en la meteorización. Por ello, los productos procedentes meteorización constituyen su materia prima. Se encuentran en estratos. Proceso de su formación: meteorización-erosión de otras rocas, transporte, sedimentación de materiales, diagenización o litificación (cementación-compactación y desecación-cristalización). Pueden ser originadas por depósitos minerales y rocosos (rocas detríticas) o por procesos químicos (rocas químicas). Hay tres grupos de rocas sedimentarias:

- Detríticas: proceden erosión otras rocas, formadas por amalgama de rocas. Según el tamaño de los fragmentos son ruditas (fragmentos >

2mm), arenitas (fragmentos 2-1,16mm) o pelitas (<1'16mm).

- Rocas sedimentarias de origen químico: se forman en medio acuoso con soluciones minerales que se precipitan por procesos químicos. Pueden ser carbonatadas (caliza y dolomía), silicosas (ópalo, calcedonia y sílex), salinas o evaporizas (yeso).
- Rocas sedimentarias de origen orgánico: proceden de la actividad vital diferentes organismos. Se dividen en calcáreas (procedentes organismos con calcita disuelta), silíceas (formadas por animales microscópicos), y carbonosas (formadas por acumulación restos vegetales, y se diferencian por la cantidad de carbono en su composición).

La característica fundamental de las rocas sedimentarias es su estratificación. Al ir acumulándose se disponen en estratos, que es la unidad de sedimentación limitada por dos planos estratigráficos subrayados por planos de discontinuidad. El distinto espesor nos indica las condiciones en que se sedimentó cada depósito. Así, la sedimentación puede ser horizontal (sitios tranquilos como lagos, mares...) o pueden ser oblicuas (en una pendiente) si el agente responsable de la sedimentación sufre cambios de fuerza o dirección da lugar a una estratificación entrecruzada.

La Estratigrafía estudia los estratos. Se llaman discontinuidades a las interrupciones en una serie estratigráfica (discordancia): si la sedimentación no tiene interrupciones, se denomina concordante.

Debido a su diferente origen, las rocas sedimentarias tienen diversas formas de yacimientos: las detríticas (depósitos mecánicos procedentes de otras rocas erosionadas por el viento, lluvia...), las de origen químico (se forman dentro de un medio acuoso que contiene soluciones minerales concentrados que tras pasar unos procesos químicos reaccionan o precipitan) y las de origen orgánico o bioquímico (proceden de la actividad vital de los organismos).

- Rocas metamórficas: Proceden de transformación de otras rocas a causa de calor, presiones de deformación y fluidos químicamente activos dentro corteza terrestre. Se encuentran en zonas que han sufrido plegamientos y en las proximidades de masas graníticas, en forma de capas de pequeño espesor. Al proceder de otras rocas, presentan una composición química y mineralógica en función de las rocas originarias.
  - Neis: misma composición que el granito (cuarzo, feldespato y mica), pero distinta disposición de cristales
  - Mármol: roca metamórfica de la caliza formada por amalgama cristales

de calcita.

- Cuarcita: deriva de las areniscas silicosas.
- Esquisto: arcilla con metamorfización no muy importante, caracterizada por su hojosisidad.
- Pizarra: esquisto con metamorfización más intensa y menos hojosisidad.

Cada tipo de roca no es independiente de los demás, sino que existe una evolución y relación estrecha por la que una roca puede transformarse en otra de igual o diferente composición química. Los procesos del ciclo son, cristalización, intemperismo, erosión, litificación, metamorfismo y fusión.

Las propiedades de las rocas influyen en las formas de relieve:

- Respuesta de las rocas ante los esfuerzos tectónicos (rocas sometidas a presiones tectónicas) puede dar lugar a deformaciones. El dominio elástico de la roca hace referencia a pequeñas deformaciones, que puede incluso desaparecer si la fuerza cesa. A partir de cierto nivel empuje, la deformación aumenta y aunque cesase presión, el plegamiento no desaparece (dominio plástico). Hay rocas que rápidamente alcanzan el dominio plástico y sin embargo se rompen difícilmente (arcillas, pizarras, rocas sedimentarias dan lugar a relieves plegados) y otras a la inversa, se deforman difícilmente pero se rompen fácilmente (rocas ígneas y metamórficas originan relieves fallados).
- Respuesta o resistencia a la erosión: en general, las ígneas son más resistentes, las sedimentarias las menos y las metamórficas están en el medio.

Según sus propiedades, rocas son más o menos resistentes a erosión:

- Cohesión (propiedad de partículas sólidas de mantenerse unidas).
- Homogeneidad (formada por un mineral o compuesto).
- Grado de masividad (cantidad de roca por bloque uniforme).
- Permeabilidad (posibilidad de fluidos de pasar a través de ellas).
- Solubilidad (facilidad de disolverse de la roca).
- Clima (afecta a la resistencia de los distintos materiales atacados por los procesos erosivos).

### 3. CRONOLOGÍA GEOLÓGICA.

Se han establecido cinco unidades geogronológicas y cronoestratigráficas:

era-----eratestema

período-----sistema

época-----serie

edad-----piso

crono-----cronozona

### 4. DEFORMACIONES TECTÓNICAS Y RELIEVES ASOCIADOS.

**PLIEGUES:** deformación tectónica producida por fuerzas tangenciales en compresión y que se traduce en una ondulación de los estratos rocosos. Puede ser anticlinal ( $\wedge$   $\rightarrow$  cóncavo) o sinclinal ( $\vee \rightarrow$  convexo), sucediéndose unos a otros y dando lugar a distintos estilos tectónicos de plegamiento.

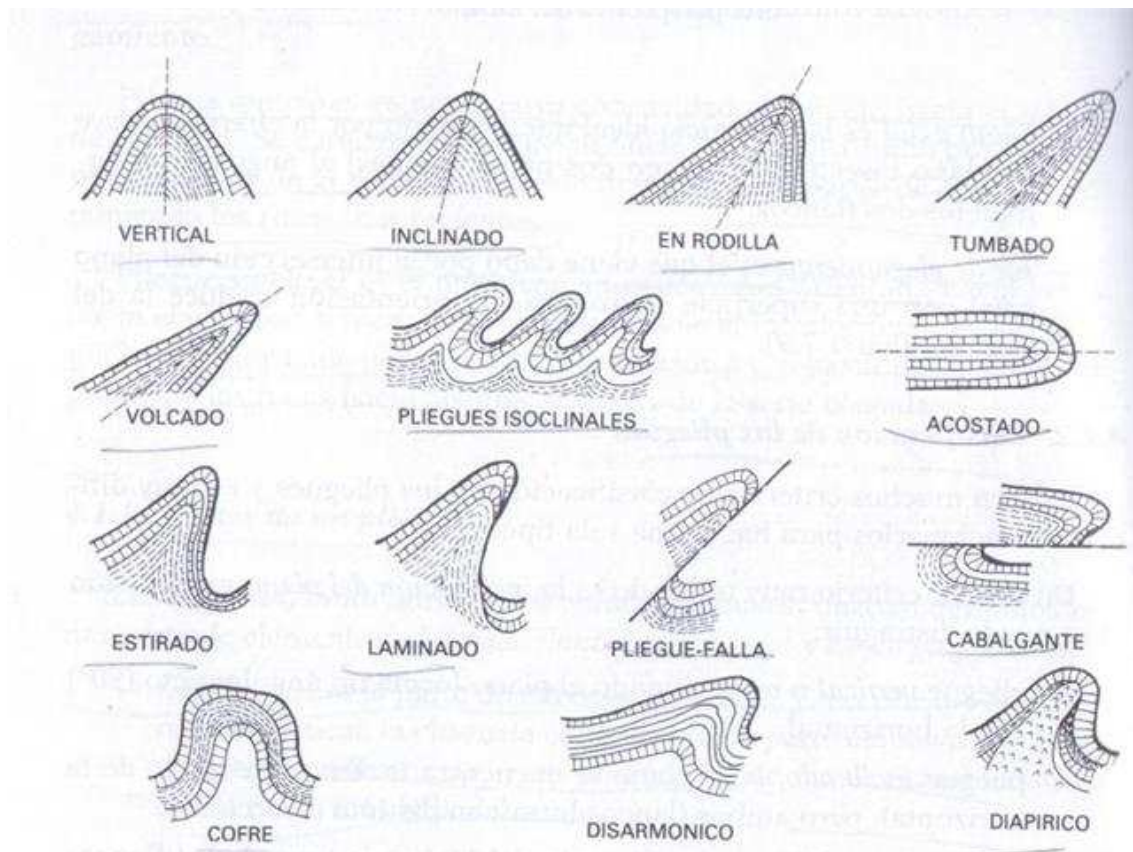
Partes de un pliegue:

- Charnela: la parte de máxima curvatura.
- Flanco: superficie que une las charnelas anticlinal y sinclinal.
- Plano axial: superficie ideal que divide en dos partes iguales el ángulo que forman los flancos.
- Eje de plegamiento: es el que viene dado por la intersección del plano axial con una superficie horizontal.

Clasificación de los pliegues:

- Según la inclinación del plano axial: vertical, inclinado, rodilla, tumbado, volcado y acostado.
- Según la separación angular de los flancos: laxo, agudo, cofre, hongo.
- Según el espesor de los flancos: isópaco, anisópaco, estirado, laminado, pliegue-falla, cabalgante.
- Según la longitud del pliegue: largo, braquipliegue, domo anticlinal y cubeta sinclinal.
- Según el paralelismo de los estratos: armónico, disarmónico.





- Recto: cuando el plano axial es vertical.
- Inclinado: cuando el plano no es perpendicular a la superficie terrestre. Los pliegues inclinados presentan flancos disimétricos en su buzamiento. La dirección hacia la que se vierte el pliegue se denomina vergencia.
- Tumbado o acostado: cuando el plano es paralelo al plano de la superficie terrestre y los flancos están horizontales o subhorizontales.
- Volcado: cuando el anticlinal adopta una posición contraria, de modo que se presenta como un sinclinal. Este pliegue, como el anterior, suele asociarse a fracturas.
- En cofre o abanico: cuando la charnela es plana y forma dos curvaturas para adaptarse a los flancos, de modo que el pliegue presenta dos planos.
- En rodilla: cuando un flanco es horizontal y el otro vertical, enlazando mediante una charnela que hace la forma de rodilla.
- Cabalgantes y fallados: cuando el anticlinal monta sobre otro, desapareciendo mediante fractura el sinclinal que los enlaza. Se habla también de pliegues cabalgantes cuando montan sobre otra estructura. El anticlinal fallado puede responder a diferentes tipos de fractura, que pueden hacer montar un flanco sobre otro, rompiendo el pliegue por su eje, pueden estar fallados en un flanco que se levanta a modo de creta monoclinal, pueden estar cortados por un



desgarre, etc.

- En domo: cuando los estratos buzcan en todas direcciones formando una media naranja, de forma que no es posible definir un eje longitudinal.
- Braquianticlinal: de forma ondulada o poco alargada.
- Diapírico: cuando están formados por una intrusión de materiales muy plásticos, generalmente salinos. Los diapiros forman domos que, frecuentemente, se abren como consecuencia de los esfuerzos formando relieves invertidos. Por lo general, las intrusiones diapíricas deforman anticlinales en los que elevan el eje localmente para formar un domo.

Tanto estos tipos como los que pueden describirse basándose en la forma longitudinal sólo son observables localmente y más en una consideración teórica que real, porque un pliegue cambia varias veces de forma a lo largo de su eje y en profundidad.

**FALLAS:** se generan a consecuencia de movimientos tectónicos relacionados con fuerzas horizontales en tensión o en compresión, o con fuerzas de componente vertical.

Partes:

- Labios o dovelas: son los bloques desnivelados.
- plano: superficie a través de la cual se realiza el desplazamiento de los bloques.
- salto: desnivelación tectónica.

Clasificación:

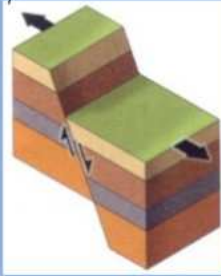
- Por la dirección del buzamiento del plano de falla:
  - Falla directa o normal: las fuerzas de tensión que la originan inclinan el plano en dirección al bloque hundido.
  - Inversa: las fuerzas en compresión hacen que la inclinación sea hacia el bloque levantado.
  - Vertical: el plano es perpendicular a la horizontal.

## Tipos de fallas

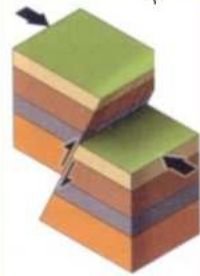
Según el desplazamiento o salto de bloques, las fallas se clasifican en:

Con plano de falla inclinado

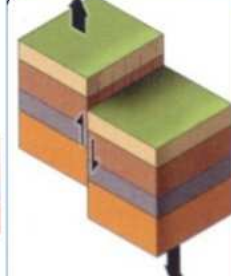
Con plano de falla vertical:



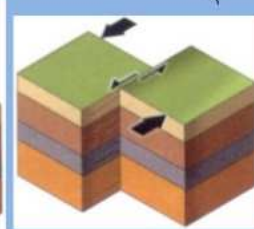
**Falla normal**  
Se originan por  
fuerzas  
distensivas



**Falla inversa**  
Se originan por  
fuerzas  
compresivas



**Falla vertical**  
Se originan por fuerzas de cizalladura



**Falla de desgarre**

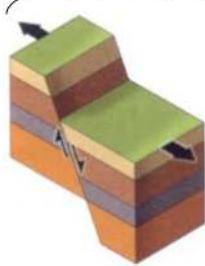
- Según la relación entre la dirección del buzamiento del plano de falla y la de los estratos:
  - Falla conforme: si el plano se inclina en la dirección de buzamiento de los estratos.
  - Contraria: si el buzamiento del plano y de los estratos se oponen.

## Tipos de fallas

Según el desplazamiento o salto de bloques, las fallas se clasifican en:

Con plano de falla inclinado

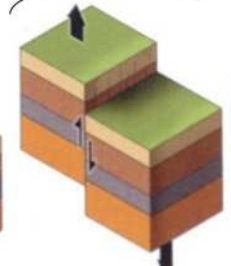
Con plano de falla vertical



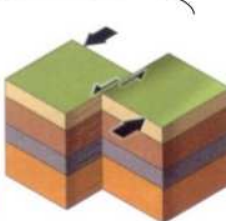
**Falla normal**  
Se originan  
por fuerzas  
distensivas



**Falla inversa**  
Se originan  
por fuerzas  
compresivas



**Falla vertical**  
Se originan por fuerzas de cizalladura

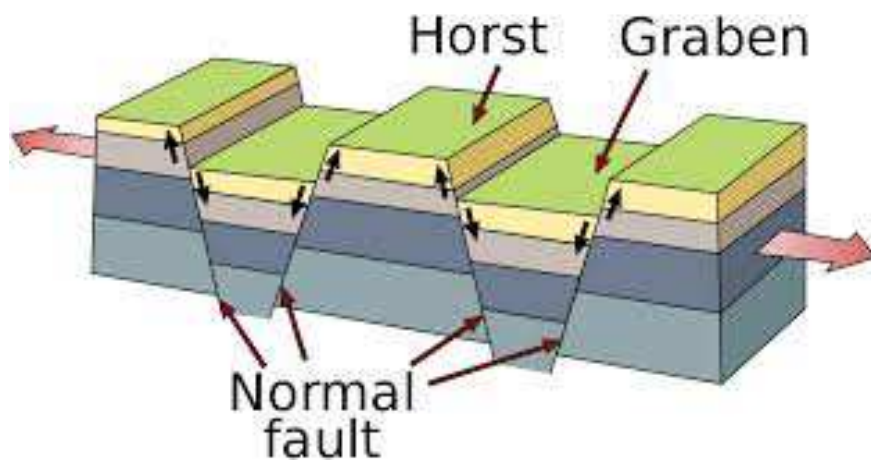


**Falla de desgarre**

- Según la relación entre la orientación de la falla y la de las líneas de estratificación:

- Falla direccional: si coinciden las líneas de estratificación y la orientación de la falla.
- Transversal: si el plano de falla corta de manera transversa la dirección de los estratos.
- De desgarre, desenganche o de desplazamiento horizontal: tipo especial de falla en la que el desplazamiento de los bloques no es vertical sino horizontal y, por tanto, no hay hundimientos ni elevaciones.

Las fallas también pueden aparecer asociadas como los pliegues. Si hay un bloque que se eleva sobre los demás se denomina *horst* o pilar tectónico; si por el contrario, se queda un bloque hundido, se llama fosa tectónica o *graben*.



## **TEMA 8: LOS RELIEVES ESTRUCTURALES**

### **1. LAS GRANDES UNIDADES ESTRUCTURALES.**

A escala de toda la Tierra se puede hacer una clara distinción entre dos unidades estructurales bien diferenciadas: las cuencas oceánicas y los continentes.

**CUENCAS OCEÁNICAS:** áreas cubiertas por los océanos. Estructuralmente, no todas las áreas sumergidas se corresponden con los océanos porque también están bajo el agua los bordes continentales sumergidos.

En las cuencas oceánicas se distinguen las llanuras abisales y las dorsales oceánicas.

- Bordes continentales: son la prolongación hacia el océano de la plataforma continental y presenta una pendiente muy suave. Económicamente son zonas de gran valor al encontrarse abundante pesca y yacimientos.

Hay dos tipos:

- Atlántico, que están compuestos sólo de dos zonas, la plataforma y el talud continental. Se les denomina bordes asísmicos porque no se producen movimientos tectónicos.
  - Pacífico: o sísmicos, al ser zonas de gran actividad tectónica. Distinguimos los arcos insulares (cadenas de islas volcánicas) que están separadas del continente por una cuenca marginal ocupada por un mar interior. Tras los arcos, aparecen pequeñas crestas que no llegan hasta la superficie y, por último, una fosa o trinchera oceánica, que alcanza las mayores profundidades marinas. Topográficamente, destacan los arrecifes de barrera y cañones submarinos.
- Llanuras abisales: zonas planas o con pendientes muy pequeñas porque la cobertera sedimentaria cubre sus rasgos topográficos.
  - Dorsales oceánicas: son todos los accidentes topográficos submarinos lineales.

Distinguimos:

- Sísmicas: forman una cadena continua de unos 60.000 Km., con un gran número de valles y crestas paralelos a la alineación general. Están compuestas por acumulación de material volcánico que sale al exterior y recubiertas por sedimentos con poco espesor
- Asísmicas: la capa de sedimento es mayor.

**CONTINENTES:** son las que configuran los continentes y están formadas por grandes extensiones de corteza continental. Las unidades estructurales continentales están

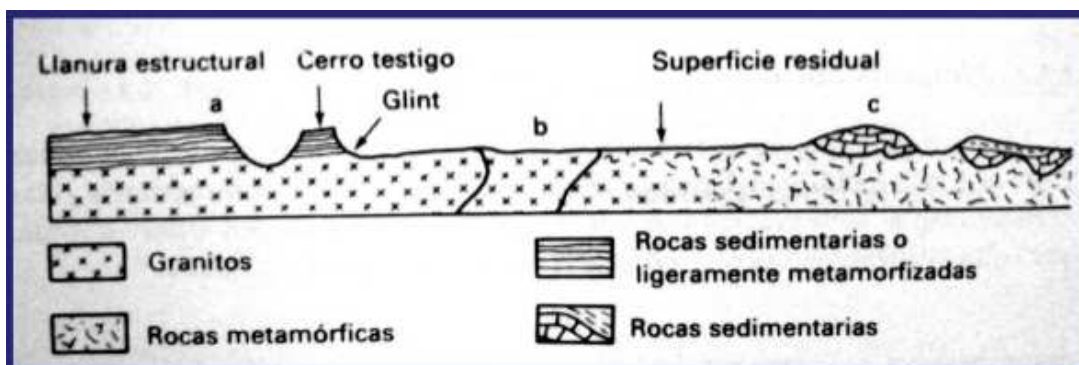
formadas por las tierras emergidas y por las áreas sumergidas (plataforma y talud continental).

La corteza puede dividirse en:

- Cratones o escudos: es el núcleo más antiguo, precámbrico, y formado por rocas cristalinas de origen metamórfico. Estructuralmente es muy estable y forma el centro de los continentes (cratón). Los escudos son regiones cratónicas estables que no se vieron afectados por la orogenia durante largos periodos geológicos.

Diferenciaremos entre:

- Cratones arcaicos: son los más antiguos y se caracterizan morfológicamente por ser planos.
  - Cratones post-arcaicos: el relieve está configurado en función de las rocas metamórficas resistentes, crestas elevadas, que se alternan con otras más blandas, valles...
- Plataformas (llanuras): partes de un cratón recubiertas de rocas sedimentarias que se depositaron en mares poco profundos. Topográficamente son parecidos a una superficie de erosión, pero se diferencian en que hay capas horizontales de rocas. Hay cuencas sedimentarias continentales, grandes depresiones con una deformación negativa de la corteza terrestre, rellenas de materiales sedimentarios. Las series sedimentarias horizontales dan lugar, tras la erosión, a mesas, páramos y cerros testigo; y en las series de cobertera ligeramente inclinada y la alternancia de capas duras y blandas forman relieves asimétricos, llamados cuestras.



- Orógenos: fragmentos móviles de corteza que separan los cratones. Están originadas por el choque de placas, que las deforman por presión de la corteza, volcanes y actividad sísmica. A todos estos procesos se les denomina orogénesis.

Podemos distinguir distintos tipos de relieve:

- Definidos por una serie litológica resistente: los estratos de rocas sedimentarias, al adquirir buzamientos mayores que los alcanzados por las cuestas en las plataformas, producen elevaciones en el relieve.
  - Originados por el plegamiento de las series sedimentarias: surgen al plegarse una serie sedimentaria y tienen un estilo tectónico, según su morfología general (jurásico, alpino,...).
  - Debidos a la fractura de la litología: son los fallados, originados por fracturas orogénicas.
- Volcanes: abombamientos debido a la aparición de masas de rocas eruptivas extrusivas aisladas. Las coladas basálticas de los puntos calientes de la Tierra ascienden hacia la superficie, empujando a la corteza y originando volcanes y provocando terremotos.

## 2. LOS RELIEVES ESTRUCTURALES DE CUENCAS SEDIMENTARIAS.

Podemos diferenciar dos tipos de relieves estructurales:

- acinales (horizontales), que se deben a la actuación de la erosión diferencial sobre las series sedimentarias de distinta resistencia a la erosión.
- monoclinales (cuestas), que se deben bien a la posición que ocupan dentro de la serie sedimentaria o bien a la acción de la tectónica.

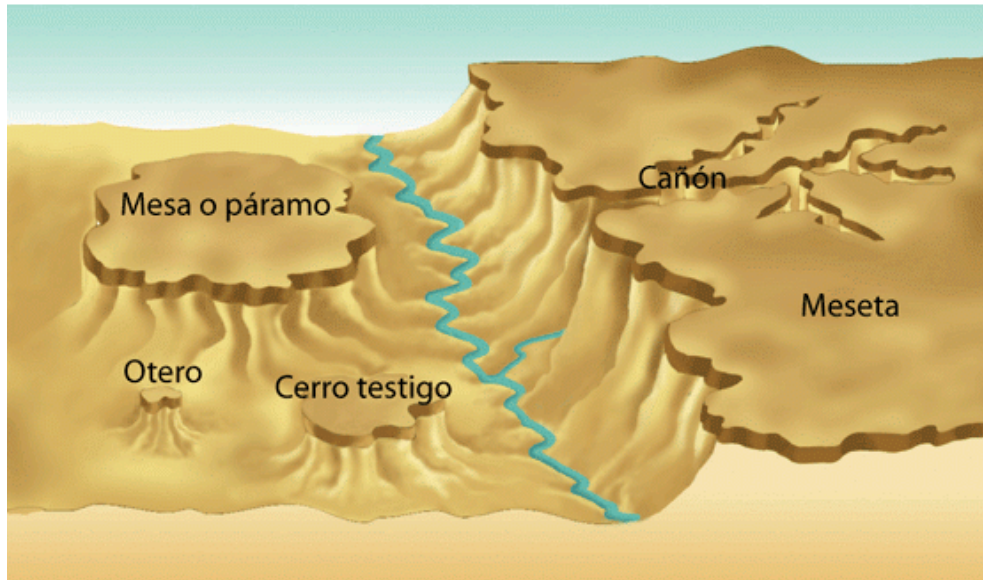
**ACLINAL (ESTRUCTURAS HORIZONTALES):** se desarrollan en series sedimentarias cuyos estratos no se han visto afectados por la tectónica. Se localizan en los centros de las cuencas sedimentarias y traducen la horizontalidad con la que se depositaron en ellas los sedimentos.

- Superficie estructural: es la más sencilla. Formada por una capa resistente incluida en una serie sedimentaria subhorizontal. Pueden ser:
  - Primitiva: si el estrato más resistente está más hacia la superficie.
  - Derivada: (lo más normal) la capa exterior resistente estaba anteriormente recubierta por otras más blandas, que han sido eliminadas por la erosión. Se localizan en los centros de las cuencas sedimentarias recientes. Este tipo de relieve se compone de plataformas más o menos extensas: mesas, páramos, muelas...
- Valles en cornisa: separan estas plataformas estructurales. Sus vertientes tienen dos partes muy diferenciadas, la superior (cornisa) que tiene una fuerte



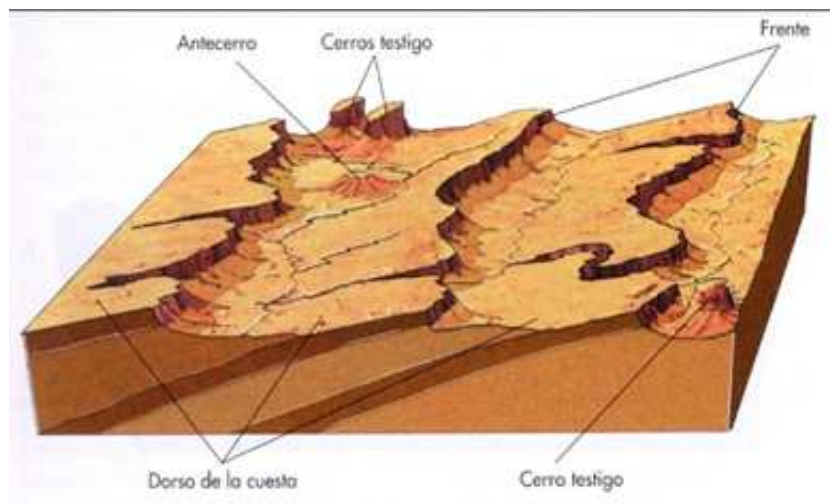
pendiente y constituida por rocas resistentes y la inferior (talud) con una pendiente más suave y formada por rocas más débiles.

Entre las plataformas estructurales, cuya parte culminante se denomina superficie del páramo, y los valles en cornisa aparecen formas de menor extensión como las mesas, los cerros testigos y los anteceros.



La red fluvial no suele presentar una dirección predeterminada, pero tiene gran influencia en la creación del relieve.

**MONICLINAL O INCLINADO (ESTRUCTURAS INCLINADAS O CUESTAS):** en los bordes de las cuencas sedimentarias se forman unos relieves monoclinales muy característicos: las cuestas.





Una cuesta se caracteriza por su perfil disimétrico. Consta de:

- Frente de cuesta: tiene una gran pendiente y se puede distinguir:
  - Cornisa: modelada sobre piedra dura con una pendiente muy fuerte, en función de la resistencia de la roca y del buzamiento de los estratos.
  - Talud: de menor pendiente, pero también depende de la dureza de la roca y del buzamiento.

En función del buzamiento, hay varios tipos de formas:

- Cuestas: tienen un buzamiento entre 2 y 20°.
- Crestas monoclinales: tienen un buzamiento de más de 20°.
- Barra monoclinal u *hog-backs*: el buzamiento de la serie sedimentaria es próximo al 90%.

La pendiente más suave la presenta el reverso de la cuesta, que es una superficie estructural primitiva o derivada en función de la erosión.

Las estructuras monoclinales también tienen otros tipos de formas en el retroceso de la cuesta, son los cerros testigos y antecerros (son debidos a la erosión diferencial que efectúa sobre ellos la red fluvial).

Los ríos principales siguen la dirección del buzamiento de los estratos de las series sedimentarias (corrientes cataclinales o consecuentes), atravesando el conjunto de cuestas. Los afluentes van paralelos a los frentes de cuesta (corrientes ortoclinales u obsecuente). También pueden circular por el frente de cuesta. Todo ello forma una red de drenaje en enrejado.

### **3. LOS RELIEVES ESTRUCTURALES DE LOS ORÓGENOS.**

**RELIEVES ESTRUCTURALES PLEGADOS:** en las coberteras sedimentarias la forma más elemental es la de plegamiento en una sucesión de ondulaciones, afectando a una amplia extensión de terreno y se presentan agrupados en conjuntos de pliegues de mayor radio. Son anticlinorios, si son de forma convexa, y sinclinorios, si su forma es cóncava.

La morfología del relieve plegado es la que tiene mayor variedad y complejidad. Decimos que una forma es directa, original o primitivas cuando la formación muestra una clara adaptación con la estructura plegada; si la topografía de las formas va dejando de coincidir con la estructura y aparecen formas debidas a la actuación de agentes erosivos, hablaríamos de una forma derivada; si la erosión ha actuado

durante más tiempo o con mayor intensidad, nos encontraríamos ante una inversión de relieve o relieve invertido.

- Formas originales, directas o primitivas: cuando anticlinales y sinclinales no están modificados por la erosión y los relieves son conformes con la estructura. En ellos, las partes más elevadas se llaman *mont* y las partes más bajas son *val*. En los *val* pueden aparecer restos de niveles estratigráficos superiores a la capa dura principal, debido a la erosión de los *mont*, que dificultan el afloramiento de esa capa en los niveles más bajos.

Al comenzar a actuar la erosión, aparecen formas elementales de un relieve derivado:

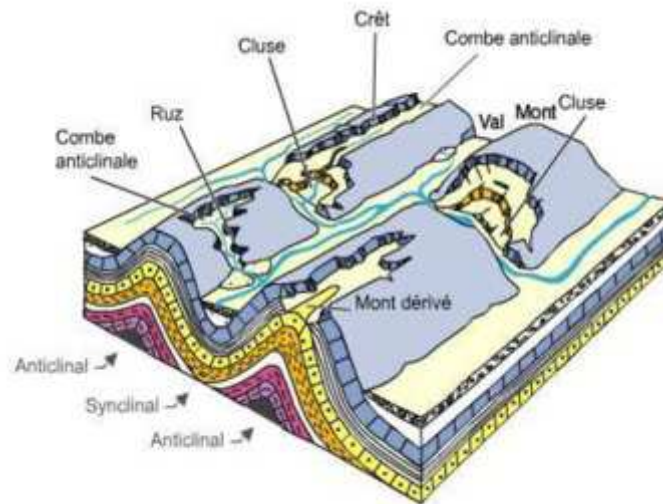
- Ruz pequeñas entalladuras (barrancos) originadas desde la charnela y que bajan por los flancos de los anticlinales o vertientes de los *mont*.
- Formas derivadas: se caracterizan porque en ellas la actuación de la erosión es mayor o más prolongada que las anteriores. Los agentes erosivos actúan inicialmente sobre los anticlinales, ya que tienen más altitud. Los barrancos que sobre los flancos forman ruces, desmantelando las capas de rocas más externas, dejando restos de ellas entre varias ruces, a lo que denominamos *chevrons*.

La instalación de la red hidrográfica sobre estas estructuras plegadas puede hacer que esta no siga la dirección de la estructura, sino que la atraviese perpendicularmente, originando unos valles angostos transversales, lo que denominamos *cluse* (hoz o foz).

La erosión de la charnela anticlinal puede dar lugar a una valle (*combe*), la cual generalmente está rodeada por dos crestas constituidas por roca dura. El origen de las *combes* puede estar en la coalescencia de varias ruces o en la erosión de las vertientes de una cluse. Cuando una ruz supera su cuenca de recepción, generalmente por erosión, y se une a la de otra(s) ruces formará una amplia hendidura, que da origen a una *combe*.

En resumen, ruces, *chevrons*, *cluses*, crestas delimitantes de las *combes* y *combes* son las formas erosivas que aparecen en los relieves derivados o de estructura plegada evolucionada.

Los relieves originales y derivados se llaman relieve jurásico por haberse estudiado en la región del Jura. En España, en los montes Vascos.

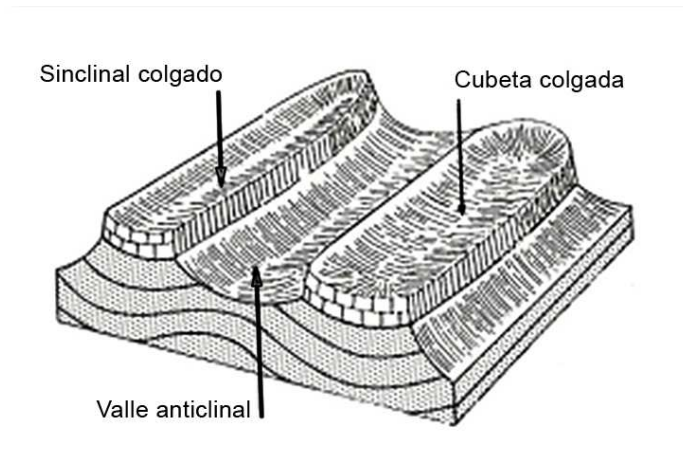


- Formas invertidas: se caracterizan porque en ellas las zonas más elevadas se corresponden con las zonas tectónicamente más deprimidas y a la inversa.

La forma más característica es el sinclinal colgado, que es una estructura sinclinal que queda a mayor altura que las anticlinas próximas porque éstas han sido desmanteladas por la erosión y han formado valles anticlinales, en los que han desaparecido series de rocas sedimentarias. Este tipo de relieve se da en series sedimentarias en las que las capas de roca blanda tienen gran espesor, pues facilita mucho la acción de la erosión.

Estos tipos de relieves conformes presentan variaciones en función de los distintos tipos de plegamiento:

- Relieve alpino: si los pliegues son oblicuos, volcados o cabalgantes. Pueden aparecer las *combes* de flanco en las que la parte topográficamente más elevada es el flanco y no la charnela. Si los pliegues son mantos de corrimiento, aparecen ventanas tectónicas, en los que el manto queda en algunas zonas desmantelado, permitiendo ver el sustrato sobre el que este plano se ha deslizado. Entre las ventanas quedan restos del manto, llamados *klippes*. Además, en la parte anterior de corrimiento, la erosión origina un escarpe de frente de corrimiento.



La génesis de cada una de las formas se realiza a partir de la evolución de la red hidrográfica, a la que se une la acción del resto de los agentes erosivos. En una estructura plegada la red hidrográfica puede ser concordante o discordante:

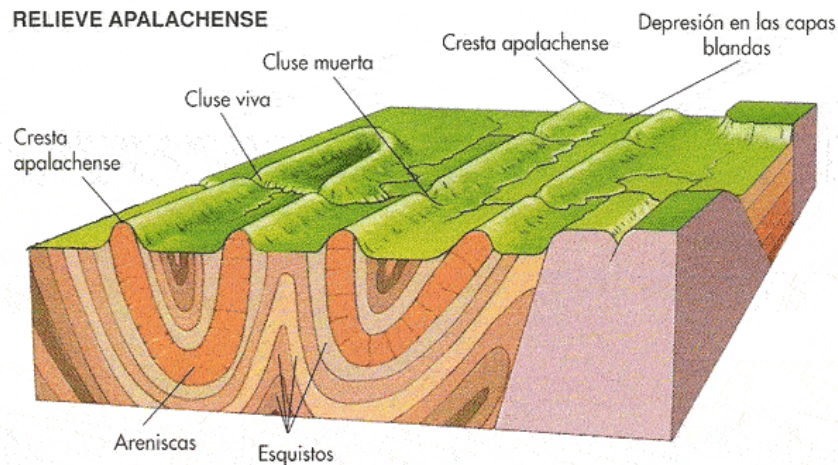
- Es concordante cuando corre paralela longitudinalmente a los ejes de plegamiento. Si corre por los valles sinclinales, es una red concordante simple; y si discurre por los sinclinales y los anticlinales erosionados, se denomina concordante compleja.
- Es discordante cuando su drenaje corre transversal a la dirección de los ejes de plegamiento. Las formas que originan los cursos fluviales son las rucas (aprovechan el buzamiento de las capas rocosas de los flancos del anticlinal y fluyen transversalmente al eje del plegamiento) y *cluses* (corren también transversalmente a dicho eje pero en este caso lo atraviesan).

La red hidrográfica discordante puede instalarse por antecendencia (el plegamiento no existía en el momento de la instalación hidrográfica) o por sobreimposición (el plegamiento quedó oculto por una cobertera que fosilizaba a la estructura plegada, donde la red hidrográfica se instala y continúa erosionando hasta la desaparición de la cobertera).

**EL RELIEVE APALACHENSE:** cuando una superficie de erosión se ve afectada por un nuevo levantamiento tectónico, puede tener lugar una reactivación de la erosión sobre ella. Es el resultado de una larga evolución, que ha pasado por distintas fases de plegamiento, arrasamiento erosivo, un nuevo movimiento tectónico, u una nueva fase de erosión.

Lo más característico es la presencia de una alineación de barras o crestas paralelas de igual altura y no muy elevadas.

Los cursos fluviales principales suelen correr de forma indiferente y atraviesan perpendicular u oblicuamente el conjunto de depresiones de rocas deleznables y alineaciones de rocas resistentes, en las que abren profundos y estrechos pasos, llamados *water gaps*. A veces también aparecen sin estar recorridos por ríos y se denominan *wind gaps*.



Este tipo de relieve se llama así porque se estudió en los montes Apalaches. En España se da en los montes de Toledo.

**RELIEVES ESTRUCTURALES FALLADOS:** están constituidos por materiales muy rígidos que no pueden plegarse por el empuje de las fuerzas internas de la tectónica y que responden a ellos rompiéndose.

En las regiones muy afectadas por movimientos tectónicos, se originan campos de fallas, en los que se pueden observar un conjunto de bloques hundidos y levantados, que dan lugar a un relieve de estilo germánico. En general, las fosas tectónicas son aprovechadas por los ríos para instalarse y formar amplios valles. Los *horst* suelen formar mesetas o altiplanos alargados.

Los movimientos horizontales dan lugar a las denominadas fallas transcurrentes o de desgarre, que pueden presentar un accidente largo y angosto, en forma de trinchera, con vertientes paralelas escarpadas, llamado *rift valley* o valle de fractura.

Las fallas y fracturas constituyen zonas de debilidad para los agentes de la erosión. Si las fracturas y fallas de los escudos y macizos antiguos son lo suficientemente profundas pueden ir acompañadas de fenómenos volcánicos.

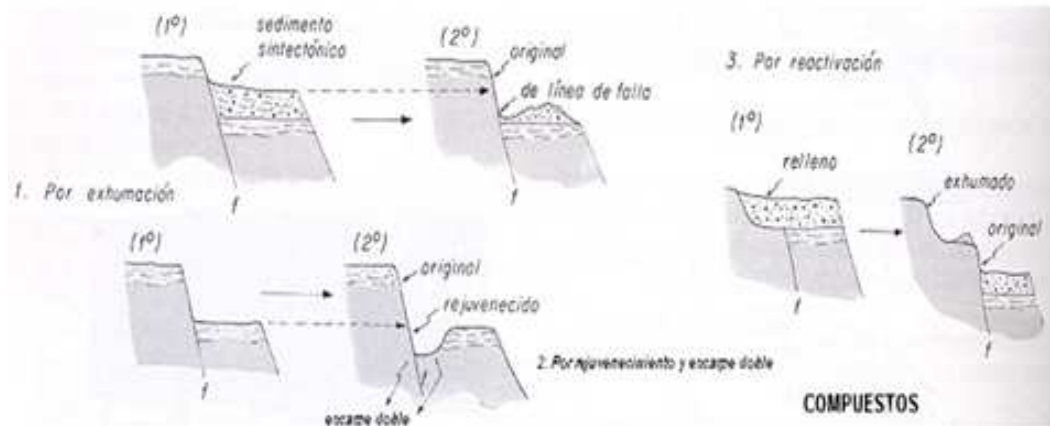
La forma de relieve fundamental aparece como consecuencia de los movimientos tectónicos: el escarpe de falla y desnivelación topográfica entre dos bloques fallados.

- Escarpe de falla original o primitivo: procede directamente de la dislocación producida por los movimientos tectónicos. Sus características esenciales son:
  - el valor de la desnivelación topográfica y el salto de falla son idénticos.
  - la superficie topográfica del escarpe coincide con la parte del plano de falla situada encima de la línea de falla.

Para que se conserve un escarpe de falla primitivo es necesario que el labio levantado esté constituido por materiales resistentes a la tectónica o materiales duros, que la falla sea reciente o que la erosión haya actuado muy poco todavía.

- Escarpe de línea de falla o derivado: resulta de la actuación de la erosión diferencial sobre bloques fallados adyacentes que ofrecen desigual resistencia. Para su formación se requiere que la falla se haya nivelado previamente, es decir, que haya desaparecido el desnivel inicial entre los dos bloques. Las causas pueden ser porque la erosión los ha nivelado o porque la falla haya quedado fosilizada por una cobertera de sedimentos y posteriormente comience de nuevo la actuación de la erosión. Tipos:
  - Escarpe de línea de falla directo: en el mismo sentido que el del accidente tectónico.
  - Escarpe de línea de falla invertido: el escarpe se orienta hacia el bloque levantado. Si los materiales que fosilizan la falla se depositan simultáneamente a la tectónica, al escarpe de línea de falla debido a su posterior erosión, se le denomina revelado o descubierto. Si los depósitos son posteriores a la tectónica, al escarpe de línea de falla debido a la erosión, se le denomina exhumado y corresponde al resurgimiento del salto primitivo.

En España se da en el macizo galaico-leonés.



- **Escarpe de línea de falla compuesto:** es el resultado de la acción simultánea de la tectónica y de la erosión diferencial. Hay dos tipos:
  - el que forman los originados por rejuego de falla. Se forma cuando un escarpe ya existente de tipo derivado adquiere mayor valor en función de una redislocación de la falla por una nueva fase tectónica. Si ese nuevo movimiento tectónico tiene el mismo sentido que el primero, se dice que el rejuego de falla es directo; y si se levanta el labio antes hundido y se hunde el anterior levantado se dice que el rejuego es inverso.
  - el que se origina por exageración del escarpe original debido a la acción de la erosión diferencial: el escarpe se forma cuando en una estructura, cuya fractura deja el material menos resistente en el labio hundido, actúa la erosión diferencial, provocando un rehundimiento del labio hundido y como consecuencia aparece un escarpe que tiene mayor valor que el que tenía con anterioridad en el origen.

Todos los tipos de escarpes de falla que poseen fuerte pendiente, se hallan disecados en facetas de formas triangulares o trapezoidales.

La red hidrográfica puede instalarse sobre la superficie fallada de manera concordante (cuando aproveche las deformaciones tectónicas para su instalación) o discordante (cuando se instale de manera indiferente respecto a las fracturas y fallas).

**RELIEVES EN ESTRUCTURAS VOLCÁNICAS:** originadas por el volcanismo y están constituidas por rocas de origen interno, entre las que se pueden considerar los volcanes, las coladas y las formas de excavación.

- **Volcanes:** es el edificio formado por la acumulación de productos sólidos



alrededor de una boca eruptiva o cráter. Su forma será diferente según sea el carácter de la erupción, el tipo de materiales que se emitan y su posterior disposición en la superficie. Partes:

- Cráter: orificio que pone en contacto la superficie de la tierra con un depósito de magma que se halla en profundidad.
- Chimenea volcánica: es el conducto que pone en comunicación el magma con el cráter. Por ella y por el cráter salen diferentes materiales, como lavas (rocas fundidas de aspecto viscoso hasta su solidificación), cenizas y escorias y emanaciones de gases (fumarolas).

Las erupciones rápidas y explosivas forman conos de cenizas y/o conos compuestos; las tranquilas forman domos de lavas y/o escudos volcánicos.

- Conos de ceniza: formados por fragmentos de lava solidificada, arrojados por un cráter central. Cuando estos fragmentos son grandes, se denominan bombas volcánicas, y si son pequeños se denominan lapilli, y si son más pequeños son cenizas y polvo volcánico.

Los conos compuestos están constituidos por estratos de lapilli y cenizas, y se le llama estratovolcanes. Las laderas del volcán tienen mayor pendiente cuanto mayor es el ángulo con el que reposan los lapilli y las cenizas. Estas laderas del volcán están jalonadas por barrancos radiales, que al estrecharse hacia la parte inferior, recortan los estratovolcanes en mesetas triangulares, denominadas *planèzes*.

- Calderas: grandes depresiones centrales, formadas por las explosiones que destruyen la parte central del edificio volcánico. Tienen forma elipsoidal o circular y están rodeadas total o parcialmente por un fuerte escarpe. En los domos de lava o escudos volcánicos la lava sale al exterior a través de grietas o fisuras y se caracteriza por la suavidad de las vertientes. Estos volcanes no producen explosiones, ni emiten fragmentos sólidos, por lo que carecen de cráter de explosión, pero en su lugar poseen una ancha depresión central o *sink*.

Tipos de volcanes: en función de su explosividad:

- Tipo hawaiano: es el resultado de efusiones abundantes y tranquilas de lavas basálticas fluidas. Es un tipo de domo volcánico o volcán escudo.
- Tipo stromboliano: resulta de la alternancia sistemática de lavas y lechos de proyecciones de cenizas y escorias e incluso de fragmentos arrancados a las paredes de la chimenea en el momento de las erupciones. Es un volcán de cono compuesto. En el estratovolcán

suelen aparecer las calderas.

- Tipo vulcaniano: se forma por erupciones muy violentas con fuerte explosividad y su cono se compone de cenizas y escorias.
  - Tipo peleano: se forma por la extrusión de lavas pocas fluidas, viscosas, acompañadas de nubes ardientes. Cuando la lava se acumula en la boca eruptiva crea un domo o cúpula volcánica.
- Coladas: emitidas a partir de bocas o de fisuras eruptivas, dan lugar a formas estructurales primitivas originales. Las lavas viscosas, por su aridez o por su temperatura poco elevada, forman coladas cortas y espesas de perfil abombado. Las lavas fluidas, por lo general basálticas, forman largas coladas de varios kilómetros.

Los *trapps* constituyen amplias mesetas estructurales de escasa pendiente, limitadas por escarpes escalonados. Las lavas poseen una estructura en sentido vertical, como tubos de órgano o columnas y en horizontal, con forma poligonal.

Aparecen al actuar la erosión diferencial sobre las rocas sedimentarias que cubrían formaciones intrusivas o efusivas de volcánicas, donde quedan al descubierto.

Entre las intrusiones, las *sills* son cornisas escalonadas a lo largo de las vertientes, producidas en las series sedimentarias afectadas. Los lacolitos forman domos elípticos, de perfil convexo, rodeados de cuestas o falsas cuestas, modelados en su cobertera sedimentaria. En las extrusiones, los espigones son columnas o escarpados pilones de lava compacta solidificada en los conductos.

Los *necks* son el resultado de la exhumación de la lava solidificada en la antigua chimenea volcánica. Su forma recuerda a los domos y agujas volcánicas. A veces la erosión deja al descubierto las lavas solidificadas en las fisuras del antiguo volcán, constituyendo murallas llamadas *dykes* si son rectilíneas y *ring-dykes* si son circulares.

