

# LA DEFORMACIÓN DE LAS ROCAS

## I. DEFORMACIÓN

- La **tectónica** estudia las deformaciones de las rocas y las estructuras resultantes de dichas deformaciones, producidas por las fuerzas internas que actúan en la Tierra y, en ocasiones, por la acción de la fuerza de la gravedad.

### A. Esfuerzo y deformación

- Se denomina **esfuerzo** al conjunto de fuerzas que afectan a un cuerpo material y tienden a deformarlo.
- Los esfuerzos tectónicos pueden ser básicamente de tres tipos:
- **Compresión**: producido por fuerzas que actúan convergentemente en una misma dirección. Como consecuencia se produce un acortamiento de la corteza.
- **Distensión** (tensión, estiramiento o tracción): producida por fuerzas divergentes que actúan en una misma dirección. Como consecuencia se produce un estiramiento de la corteza.
- **Cizallamiento**: originado por fuerzas paralelas que actúan en sentidos opuestos.

### B. Tipos de deformación

- Se dice que un cuerpo es **perfectamente elástico** cuando la relación entre esfuerzo y deformación es constante, y el cuerpo puede recuperar su forma original al cesar el esfuerzo deformante.
- Cuando dicha relación no es constante se produce una **deformación plástica** y, aunque se retire el esfuerzo, el cuerpo quedará con una deformación permanente.
- En la práctica las rocas presentan un comportamiento intermedio, deformándose inicialmente de una manera elástica, hasta alcanzar el **límite elástico**; a partir de este punto se produce la deformación plástica. El comportamiento plástico también tiene un límite, alcanzado el cual se produce la rotura.
- Las deformaciones elásticas, al no producir deformaciones permanentes, no generan estructuras tectónicas. Éstas son producidas por la componente de deformación plástica o bien por la rotura. Por ello en Geología las estructuras tectónicas se consideran producto de una **deformación dúctil** o **continua** o de una deformación **frágil** o **discontinua**.

### C. Factores de la deformación

- **Duración del esfuerzo**. Los materiales que se comportan elásticamente frente a un esfuerzo de una determinada intensidad, pueden deformarse plásticamente, o incluso fracturarse, si dicho esfuerzo actúa durante un periodo largo de tiempo.
- Experimentalmente se ha podido comprobar que las rocas se comportan más plásticamente bajo una **presión de confinamiento** elevada.
- La **temperatura** también hace variar el comportamiento de las rocas frente a los esfuerzos, aunque el efecto es diferente en cada tipo de roca.
- La **presencia de agua** aumenta la plasticidad de las rocas. Si la presión de fluidos es muy elevada, la roca se vuelve más frágil.
- La existencia de **planos de estratificación o esquistosidad** hace variar el comportamiento de las rocas dependiendo de la dirección del esfuerzo en relación con estos planos.
- En las mismas condiciones, los distintos **tipos de rocas** se comportan de manera diferente. Los materiales que ante esfuerzos crecientes se rompen, sin sufrir apenas deformación plástica, se dice que son **frágiles** o **competentes**; si sufren una deformación amplia antes de romperse, se dice que son **dúctiles**, **plásticos** o **incompetentes**.

## II. ESTRUCTURAS TECTÓNICAS

### A. Pliegues

- Los pliegues son deformaciones dúctiles (continuas) de las rocas producidas por fuerzas de compresión. Su magnitud varía desde unos pocos milímetros (micropliegues) hasta decenas de kilómetros.
- Cuando un estrato (en general cualquier cuerpo o estructura planar) no aparece en posición horizontal, para indicar su disposición es necesario determinar su **dirección** (orientación de la intersección del estrato con una superficie horizontal) y su inclinación o **buzamiento** (ángulo diedro que forma el plano del estrato con el horizontal).

## 1. Elementos geométricos de los pliegues

- La **charnela** de un pliegue es la línea que une los puntos de máxima curvatura de un estrato, donde los estratos cambian el sentido de buzamiento.
- Los **flancos** son las zonas del pliegue situadas entre las charnelas, por lo tanto un flanco es compartido entre dos pliegues.
- La **superficie axial** es aquella que une las líneas de charnela de varias superficies afectadas por un mismo plegamiento.
- La línea de intersección de la superficie axial con el terreno es lo que se conoce como **eje** del pliegue.
- Se denomina **vergencia** de un pliegue no recto al sentido en el que se inclinan los planos axiales..
- La **inmersión** es el ángulo que forman el eje y la horizontal, medido en el plano vertical.

## 2. Tipos de pliegues

- Según su forma los pliegues se dividen en **anticlinal** y **sinclinal**, si presentan su concavidad hacia abajo o hacia arriba respectivamente. Un anticlinal presenta los materiales más antiguos en la zona más interna; en el sinclinal ocurre lo contrario.
- Los pliegues **monoclinales** son pliegues inclinados en los que uno de los flancos es horizontal.
- En los pliegues **isoclinales** los flancos son paralelos; la asociación de pliegues de este tipo se denomina serie isoclinal o **isoclinorio**.
- Según la inclinación de la superficie axial (vergencia), se distinguen pliegues **rectos o verticales, inclinados y tumbados** o recumbentes, tanto para el caso de anticlinales y sinclinales.
- Los pliegues **isopacos** son los que presentan un espesor constante medido perpendicularmente a su superficie, mientras que en los pliegues **anisopacos** los flancos han experimentado un adelgazamiento y el espesor original sólo se conserva en las superficies de charnela.
- Los pliegues **armónicos** son aquellos en los que todas las capas se pliegan de igual manera, mientras que en los **disarmónicos** aparecen pequeños pliegues de arrastre en las capas más plásticas.
- Los **pliegues-falla** se forman cuando, durante el plegamiento, el flanco invertido de un pliegue inclinado ha sido laminado, produciéndose un desplazamiento sobre este plano.
- Los **anticlinorios** y **sinclinorios** son pliegues a gran escala que incluyen a su vez otros pliegues menores.

## B. Fracturas

- El término fracturas tiene un carácter general e incluye a las roturas de rocas con desplazamiento relativo de los bloques rocosos (fallas) y aquellas que no presentan desplazamientos apreciables (diaclasas).

### 1. Diaclasas

- Son planos o superficies de rotura en los cuales no existen desplazamientos importantes entre los dos bloques. Representan la deformación discontinua o frágil a una escala de observación detallada.
- Según su origen se pueden distinguir:
  - Diaclasas de **retracción**, originadas por pérdida de volumen durante el enfriamiento de un magma en el interior de una colada de lava.
  - Diaclasas originadas por la **descompresión** que experimentan las rocas a medida que se aproximan a la superficie terrestre debido a la erosión de las rocas suprayacentes.

### 2. Fallas

- Una falla es una superficie plana en la que los dos bloques contiguos se han deslizado paralelamente a la misma. Las fallas se producen en todas las situaciones tectónicas: extensión, compresión o en zonas de cizalla.

#### ELEMENTOS GEOMÉTRICOS

- El **plano de falla** es la superficie o banda de deformación frágil o frágil-dúctil que separa los dos bloques contiguos.
- Los bloques separados por el plano de falla se denominan **labios de falla**. Cuando uno de los bloques queda hundido respecto al otro, se habla de **labio elevado** y **labio hundido**. Si el plano de falla presenta cierta inclinación, se pueden distinguir un bloque o **labio de techo** y un bloque o **labio de muro**, que se disponen sobre y bajo el plano de falla respectivamente.
- El desplazamiento relativo producido entre ambos labios de falla es el **salto de falla**.

- Cuando, como consecuencia de la falla, queda en el terreno un resalte, éste es conocido como **es-carpe de falla**.
- Frecuentemente se encuentran sobre el plano de falla estrías debidas al roce producido entre los dos bloques durante el movimiento. Estas **estrías de falla** nos marcan la dirección del movimiento producido.
- Cuando, como consecuencia del rozamiento, llegan a producirse recristalizaciones y precipitaciones de minerales como calcita o cuarzo, se forma una superficie lisa que se denomina **espejo de falla**.

#### TIPOS DE FALLAS

- La clasificación de las fallas se basa principalmente en los movimientos relativos producidos entre los bloques de falla:
  - En las **fallas normales** el movimiento es de separación (fallas distensivas) y presentan movimiento vertical, con hundimiento del bloque de techo.
  - En las **fallas inversas** el movimiento es de acercamiento (fallas compresivas) y el bloque hundido es el de muro. El bloque de techo cabalga sobre el labio hundido.
  - Las **fallas en dirección** o de desgarre, presentan un movimiento lateral opuesto, pudiendo ser izquierdo o derecho, según el desplazamiento de cualquier línea de referencia común a ambos bloques.
 De la combinación de estos cuatro tipos puros de movimiento surgen otros cuatro tipos de fallas mixtas en las que intervienen dos de los movimientos anteriores: normal izquierda, inversa izquierda, normal derecha e inversa derecha.
- **Cabalgamiento** es un término utilizado para designar fallas inversas muy tendidas o con poco buzamiento. Algunos autores consideran los 30° como límite para diferenciar ambos accidentes. Frecuentemente el bloque cabalgante aparece plegado.
- Los **mantos de corrimiento** son estructuras semejantes a los cabalgamientos, la diferencia es sólo de magnitud del desplazamiento (en éstos últimos el desplazamiento es de decenas de kilómetros). El manto en sí constituye un terreno **alóctono** (procedente de otro lugar), mientras que los materiales situados debajo se denominan **autóctonos**.
- En las **fallas rotacionales** o “en tijera” los bloques rotan respecto a un eje, por lo que el mismo bloque estará levantado en una zona y hundido en la otra.
- Frecuentemente aparecen series de fallas normales escalonadas configurando zonas elevadas (horsts o **macizos tectónicos**) y zonas hundidas (grabens o **fosas tectónicas**). Los rift que aparecen en las dorsales oceánicas son fosas tectónicas de grandes dimensiones.