

DEFORMACIONES DE LA CORTEZA



- Formación de las cordilleras
- Tipos de orógenos
- Deformaciones de las rocas
- Tipos de deformaciones
- Factores que influyen en la deformación
- Los pliegues
- Elementos de un pliegue
- Tipos de pliegues
- Deformaciones por rotura
- Diaclasas
- Tipos de diaclasas
- Fallas
- Tipos de fallas
- Elementos de una falla
- Asociaciones de fallas

FORMACIÓN DE LAS CORDILLERAS

La orogénesis es la formación o rejuvenecimiento de montañas y cordilleras causada por la deformación compresiva de regiones más o menos extensas de litosfera continental.

Se produce un engrosamiento de la corteza y los materiales sufren diversas deformaciones tectónicas de carácter compresivo, incluido plegamiento, fallamiento y también el corrimiento de mantos.



Formación de las cordilleras <http://www.youtube.com/watch?v=yPOX0pbMbO4>

TIPOS DE ORÓGENOS

No todas las montañas forman parte de orógenos, ya que son cadenas de montañas que se generan en zonas de subducción y su formación va acompañada de alta sismicidad, magmatismo, metamorfismo y deformaciones de las rocas.

Tipos de orógenos

Se clasifican en función del tipo de margen donde se forman

Orógenos andinos



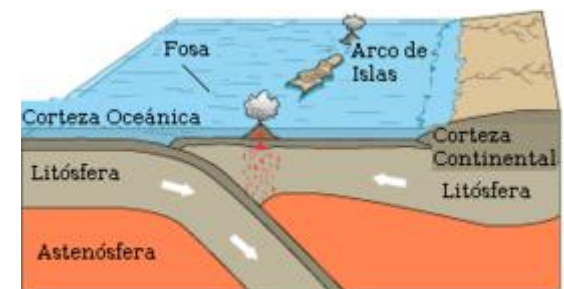
Convergencia Oceánica-Continental

Orógenos alpinos



Convergencia Continental - Continental

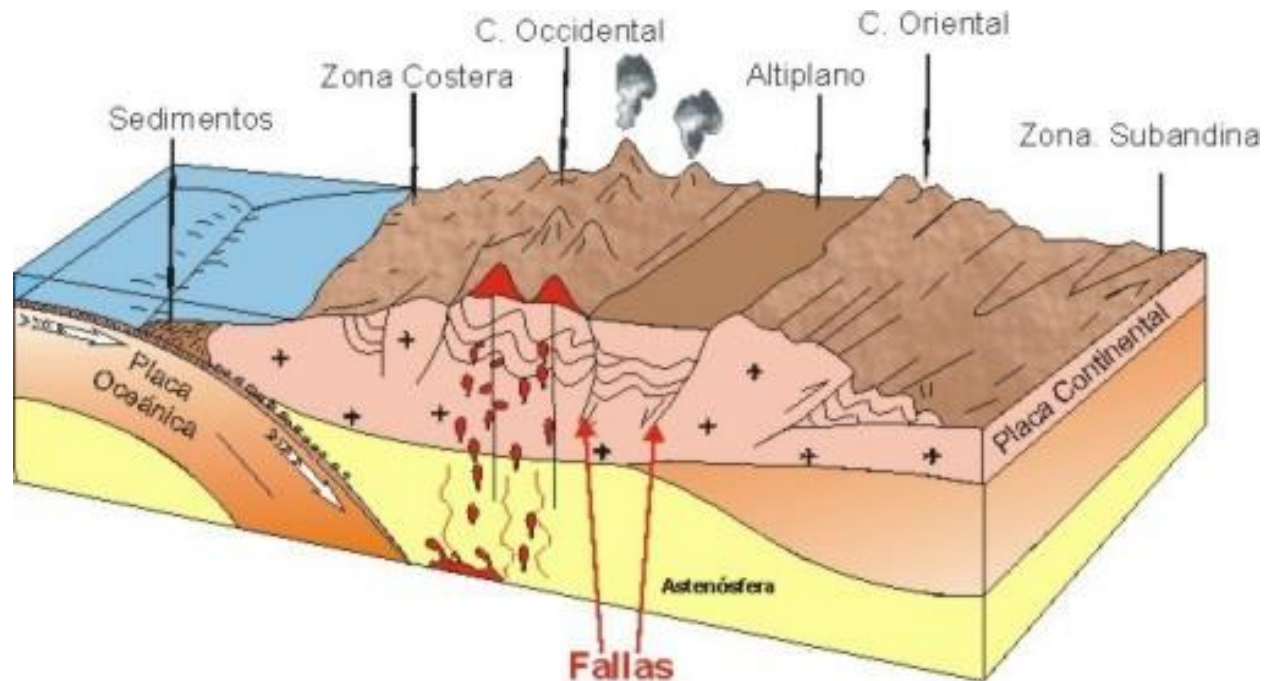
Orógenos de arco insular



Convergencia Oceánica - Oceánica

ORÓGENOS DE TIPO ANDINO

Situados en márgenes donde la litosfera oceánica subduce bajo la continental. El acoplamiento entre las dos placas provoca que los sedimentos transportados por la placa oceánica se acumulen originando el prisma de acreción. Durante la subducción se originan magmas, parte de los cuales alcanzan la superficie y generan erupciones volcánicas. El resto del magma queda en el interior de la corteza terrestre donde se enfría y solidifica contribuyendo al engrosamiento de la corteza continental.



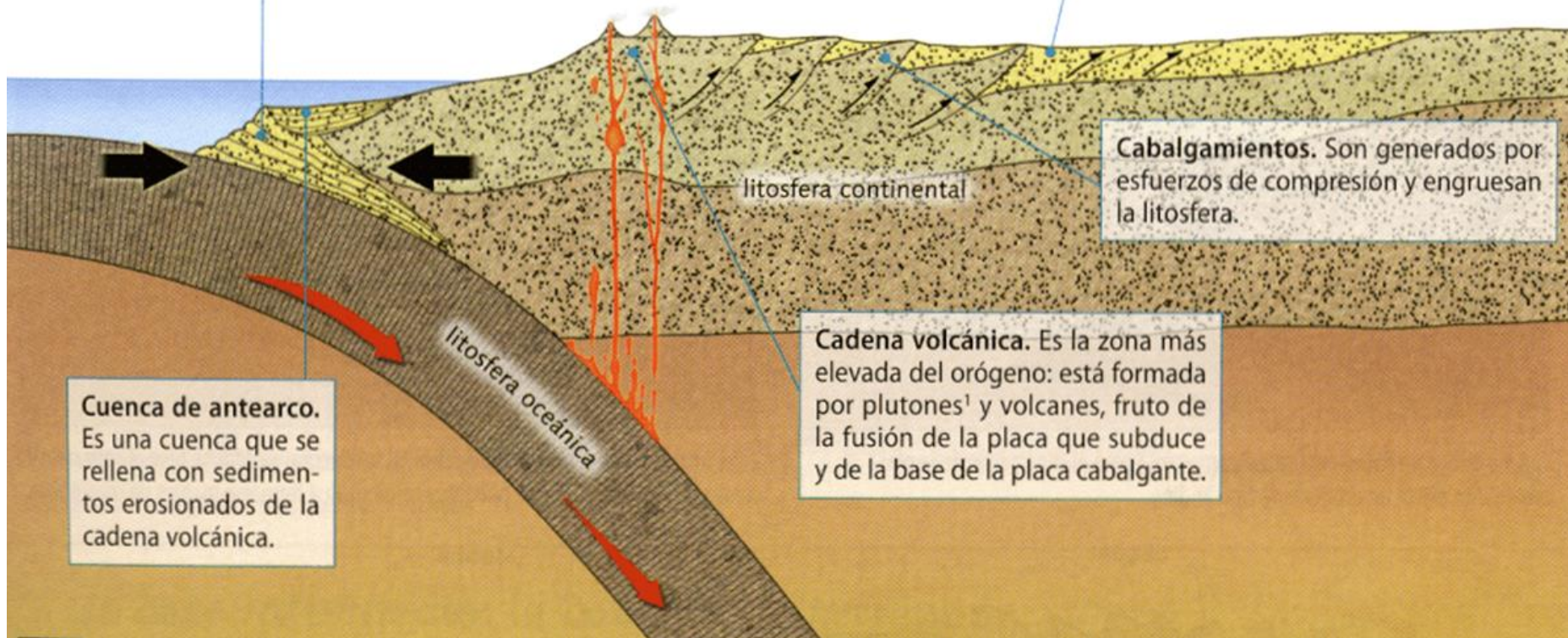
Prisma de acreción. Está constituido por sedimentos marinos de la placa oceánica que han sido «raspados» contra el borde de la placa cabalgante.

Cuenca de antepaís. Es una cuenca que se rellena con sedimentos erosionados de la cadena volcánica.

Cabalgamientos. Son generados por esfuerzos de compresión y engruesan la litosfera.

Cadena volcánica. Es la zona más elevada del orógeno: está formada por plutones¹ y volcanes, fruto de la fusión de la placa que subduce y de la base de la placa cabalgante.

Cuenca de antearco. Es una cuenca que se rellena con sedimentos erosionados de la cadena volcánica.

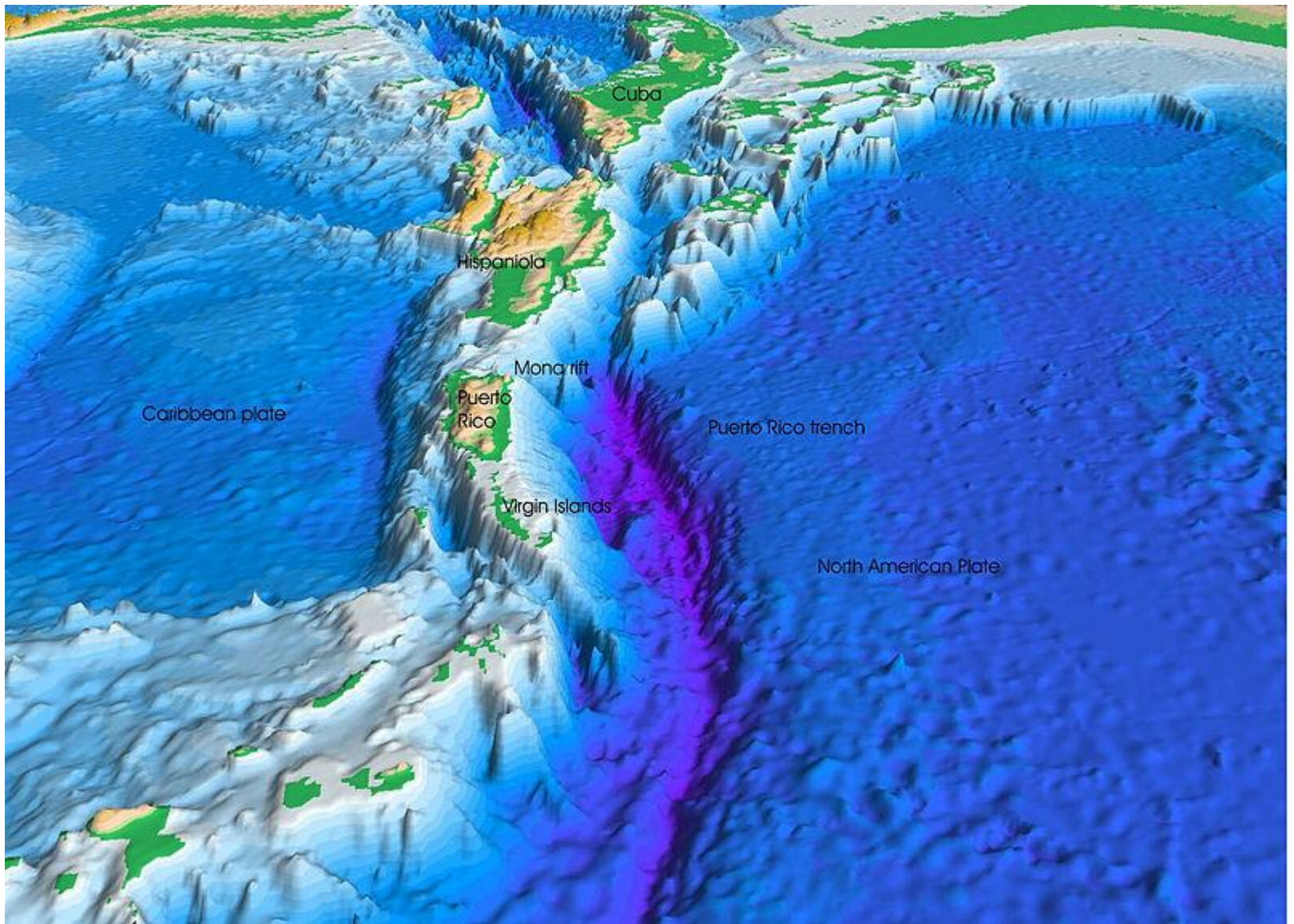


ORÓGENOS DE TIPO arcos isla

Se localizan en los márgenes en los que la litosfera oceánica subduce bajo otra litosfera oceánica.

El acoplamiento entre las dos placas es débil y permite la subducción de los sedimentos oceánicos. La fosa es muy profunda y la intensa actividad volcánica origina el arco de islas. Son orógenos parcialmente sumergidos. Entre el arco isla y el continente queda una pequeña cuenca oceánica, la cuenca marginal.





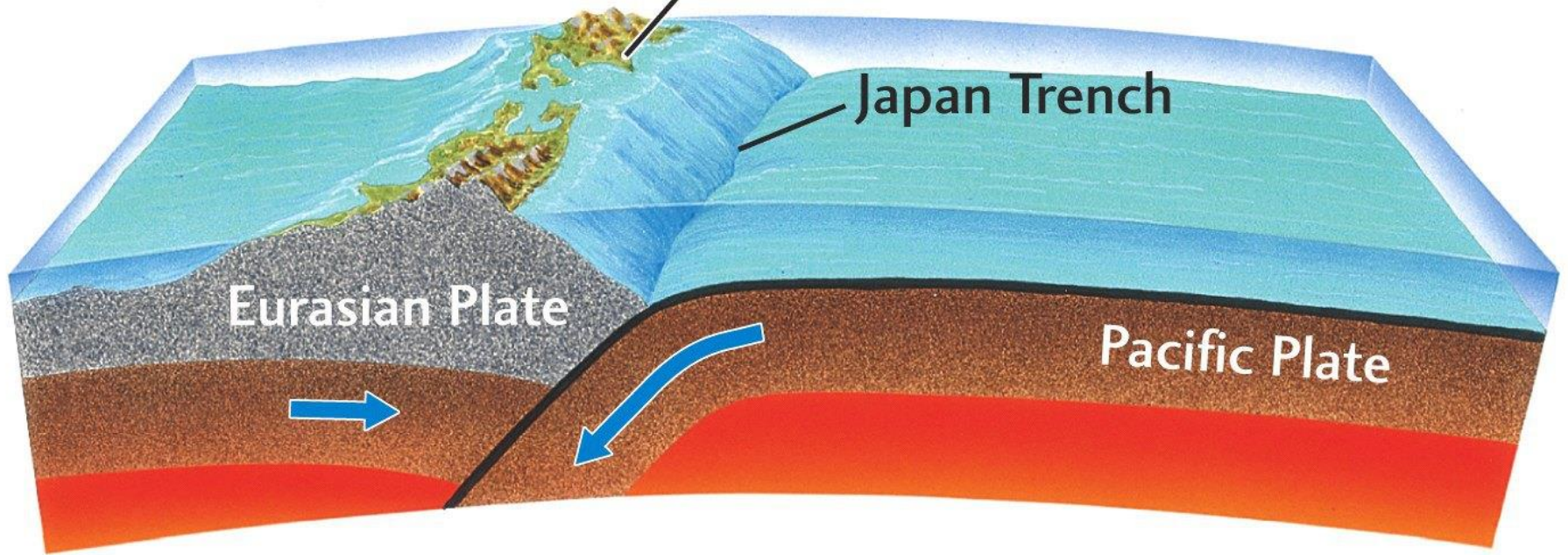


Japanese Islands
(island arc)

Japan Trench

Eurasian Plate

Pacific Plate



ORÓGENOS DE TIPO ALPINO

Los orógenos de colisión continental se producen debido a la colisión de dos continentes. Se trata de un proceso mucho más rápido a escala geológica que la formación de cordilleras de tipo andino. En los orógenos de colisión apenas existe vulcanismo, la actividad sísmica abarca un área más extensa y la deformación y el metamorfismo más intensos.

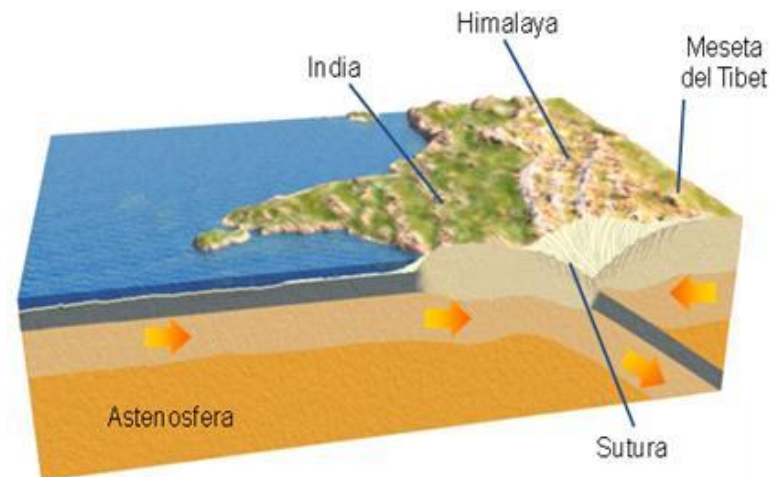
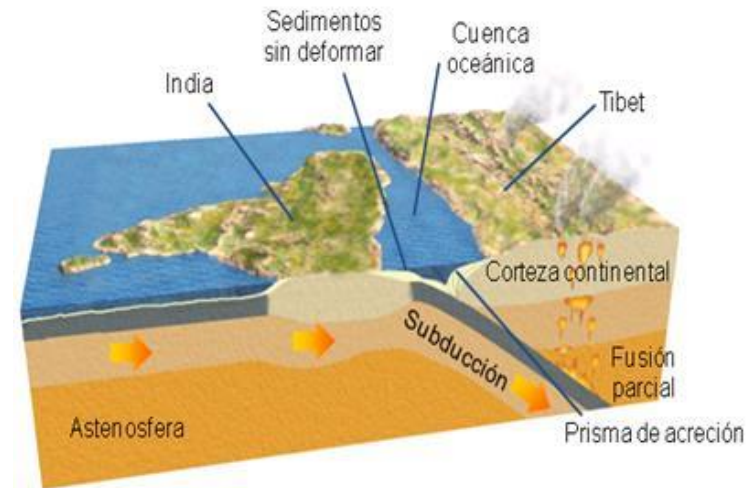
Sedimentación: se produce un gran depósito de sedimentos en la cuenca oceánica que hay entre los dos continentes que se aproximan.



Plegamiento: el acercamiento de los bloques continentales origina presiones que repliegan los sedimentos depositados en la cuenca oceánica, deformando los estratos.



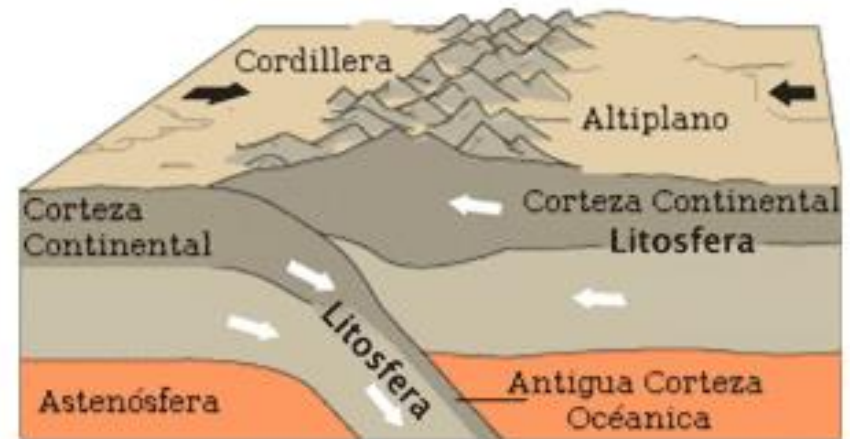
Colisión continental (Obducción): la corteza oceánica desaparece por subducción y los bloques continentales colisionan. Las altas presiones y temperaturas producen metamorfismo en las rocas que se encuentran a mayor profundidad.



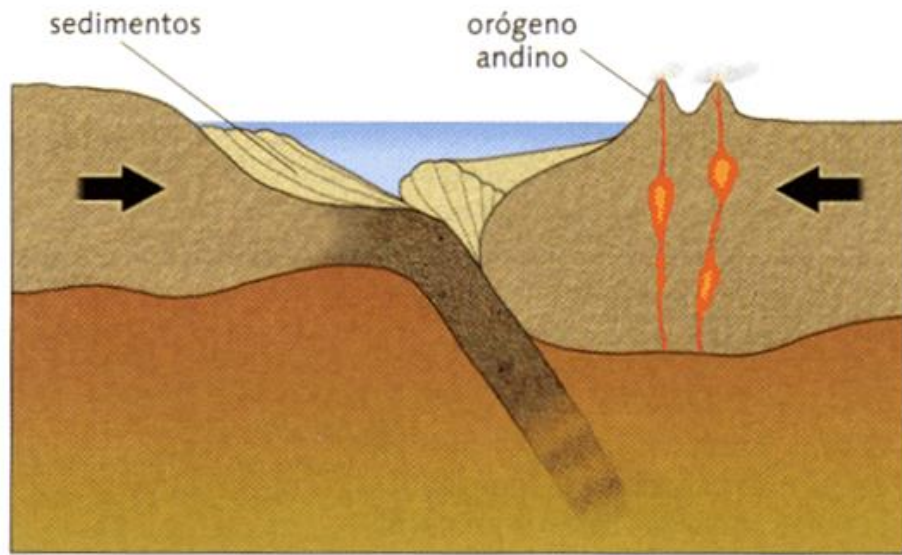
Límite convergente continente-continente

La colisión de los continentes puede producir la incrustación y cabalgamiento de un continente sobre otro, que, llega a producir un aumento de la corteza continental por plegamiento (puede duplicarse el grosor de esta capa).

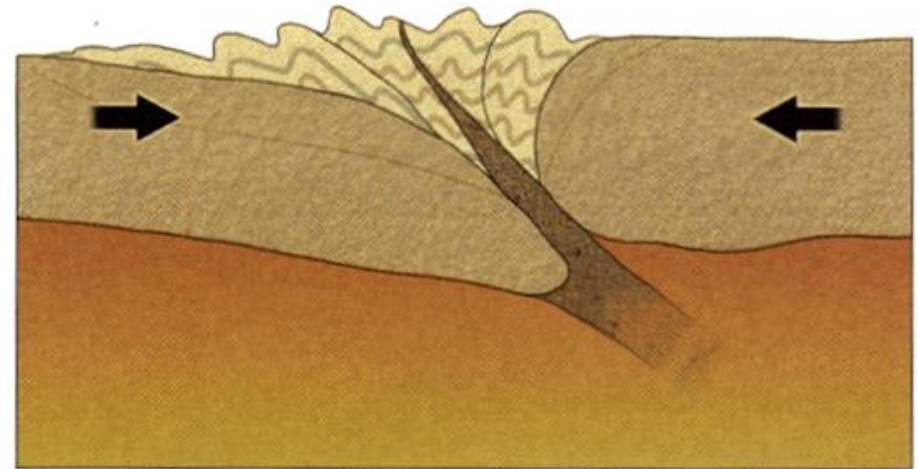
Entre los dos continentes que colisionan se distingue a veces una zona de sutura, en la que pueden encontrarse incrustaciones de fragmentos de litosfera oceánica que reciben el nombre de mantos **de ofiolitas**.



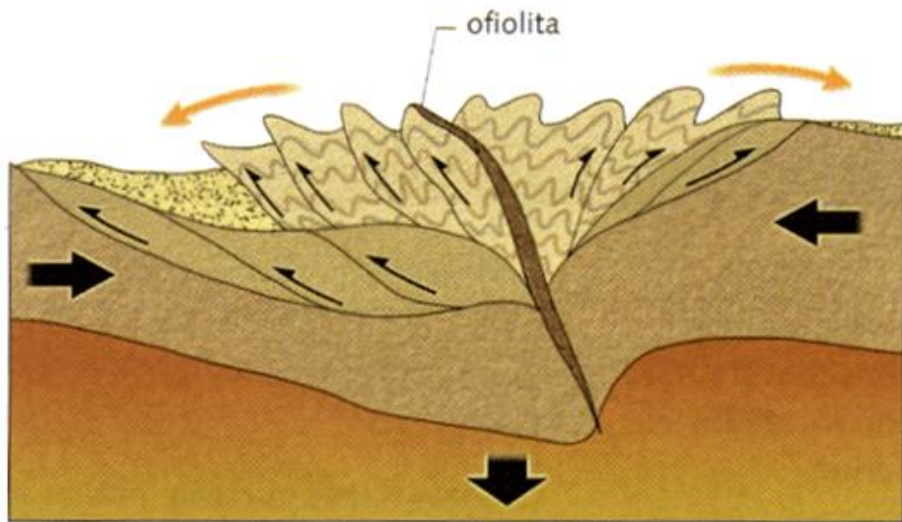
orógeno intercontinental



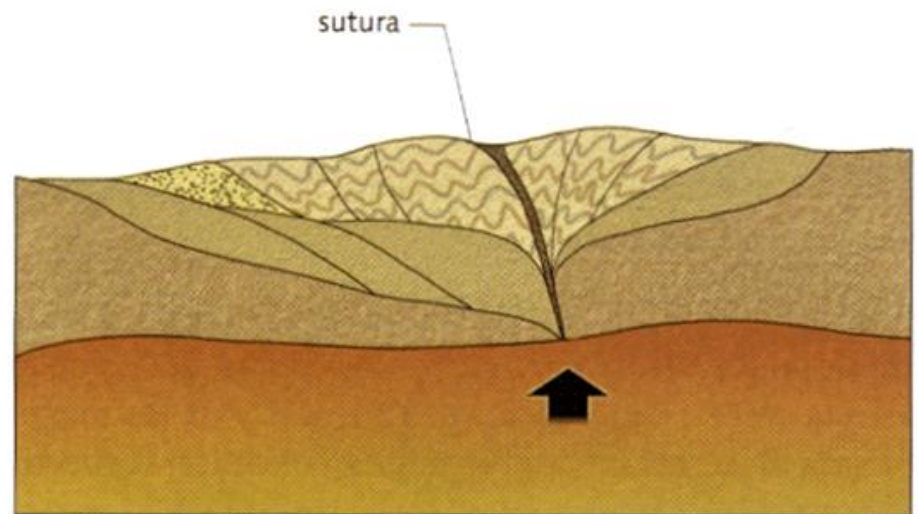
1. Ambos continentes entran en contacto. Sobre el continente de la placa cabalgante existe un orógeno de tipo andino.



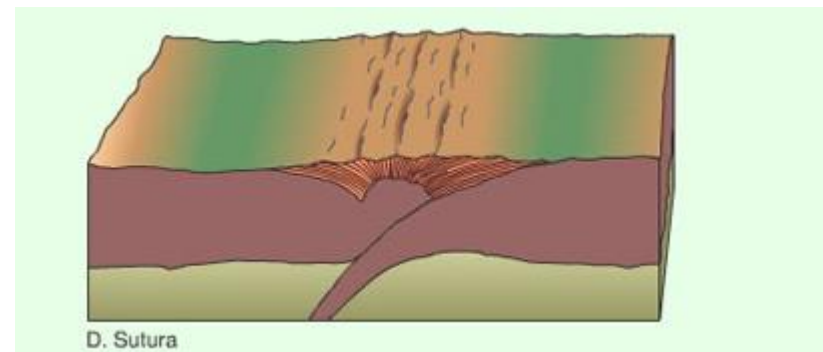
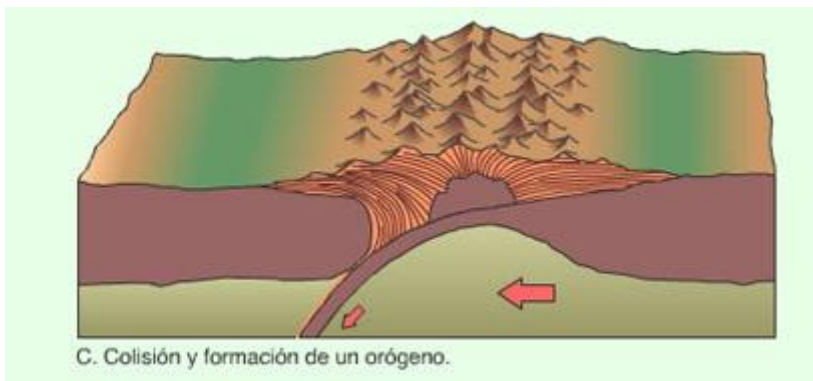
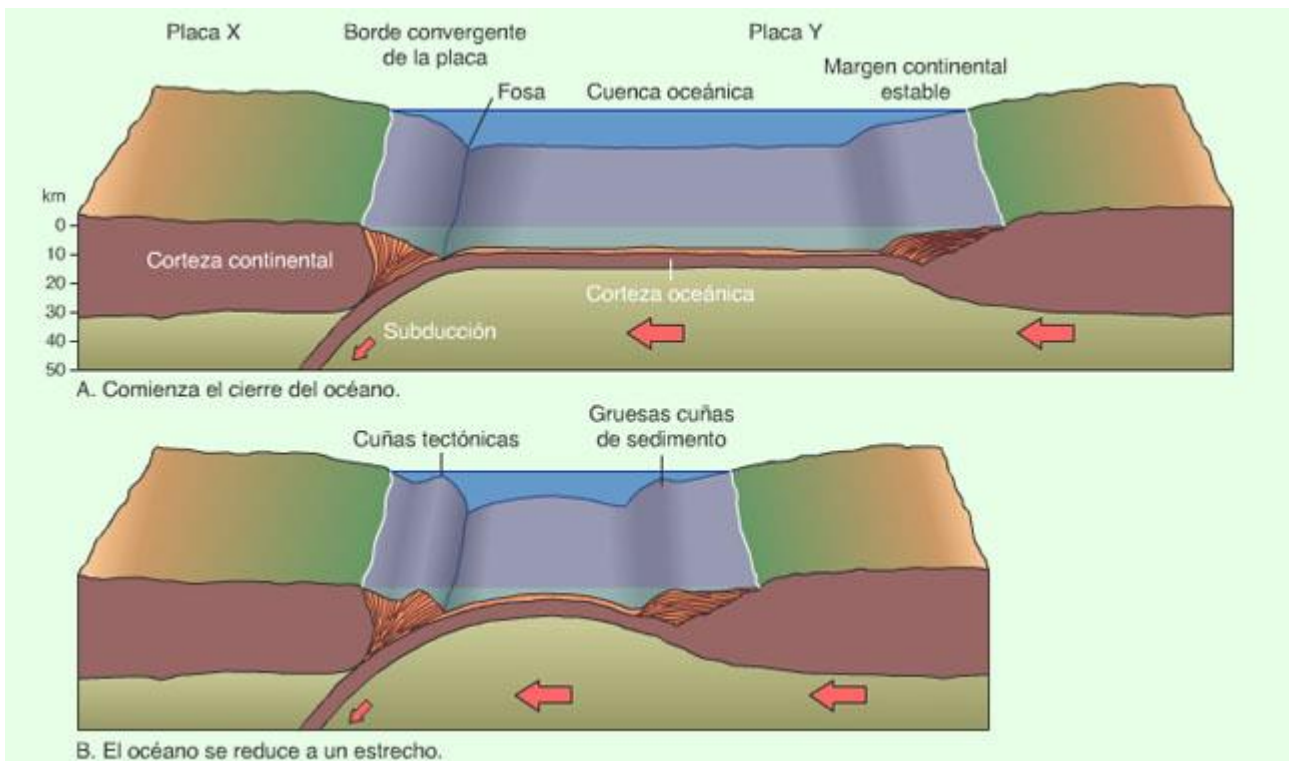
2. Se inicia la formación del orógeno. La subducción se detiene pero el acercamiento continúa, los sedimentos se pliegan y comienzan a formarse mantos de corrimiento.



3. El orógeno se estructura definitivamente. Se extienden grandes mantos hacia ambos lados, las cuencas de antepaís se van rellenando y se forma la raíz litosférica.

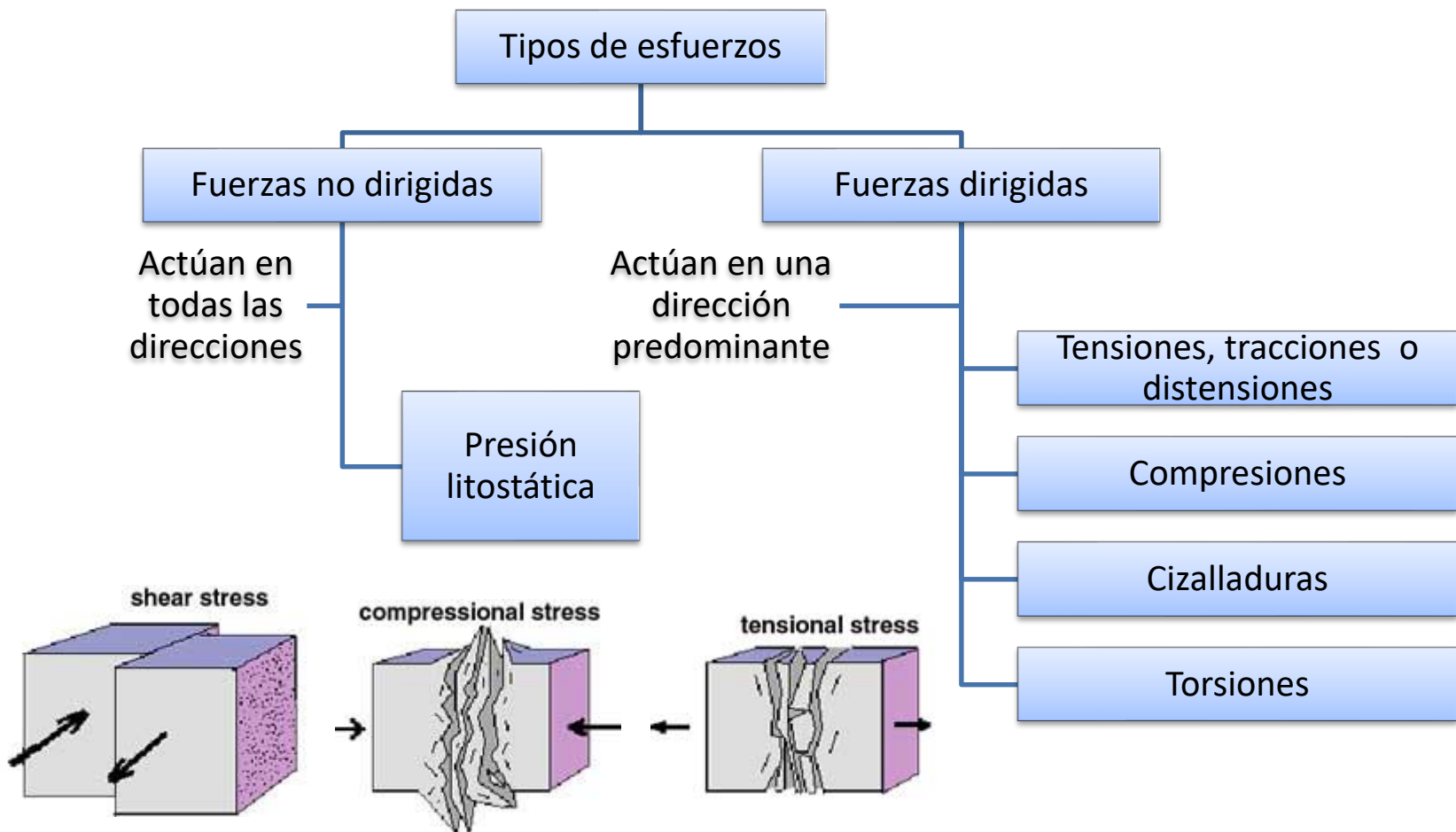


4. El orógeno se desmantela y se produce la recuperación isostática. La erosión arrasa el orógeno y el ascenso isostático elimina la raíz.



DEFORMACIONES DE LAS ROCAS

La dinámica de las placas provoca que las rocas de la litosfera se vean sometidas a esfuerzos que pueden extender o comprimir una roca. El resultado es un cambio en su forma, posición o en el volumen que se denomina **deformación**.



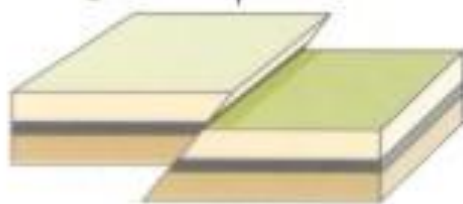
COMPRESSIONAL
FEATURES



Folding



Faulting



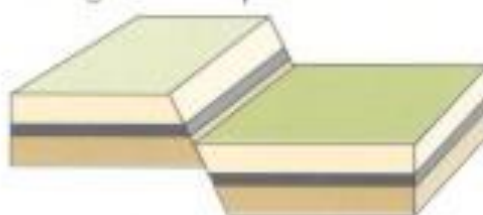
TENSIONAL
FEATURES



Stretching and
thinning



Faulting



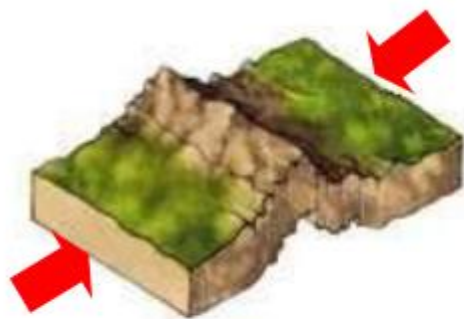
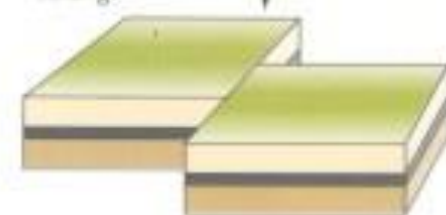
SHEARING
FEATURES



Shearing



Faulting



De compresión



De tracción o tensión





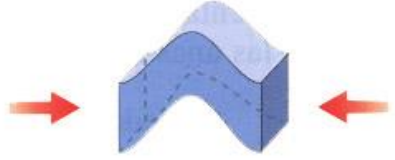

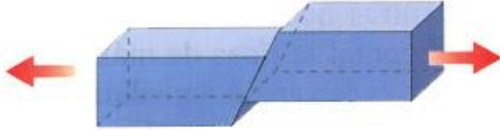
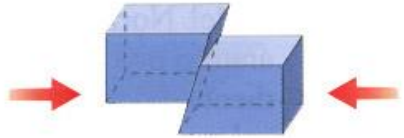



De cizalla

TIPOS DE ESFUERZOS

TIPOS DE ESFUERZOS		
Fuerzas no dirigidas	presión confinante o litostática	Son las fuerzas que ejercen sobre una roca determinada las rocas situadas a su alrededor
Fuerzas dirigidas	Tensiones, tracciones o distensiones	Se produce cuando dos fuerzas divergentes actúan sobre una roca con la misma dirección pero en sentido contrario.
	Compresiones	Se origina cuando dos fuerzas convergentes actúan sobre una roca con la misma dirección, en sentido contrario.
	Cizalladuras	Se produce por un par de fuerzas no alineadas que actúan en sentido contrario.
	Torsiones	Se produce por la acción de fuerzas rotacionales

Tipo de esfuerzo

Tensión	Compresión	Cizalla	Tipo de deformación	
				Indefornado
				Dúctil
			Fragil	

Tipo de deformación

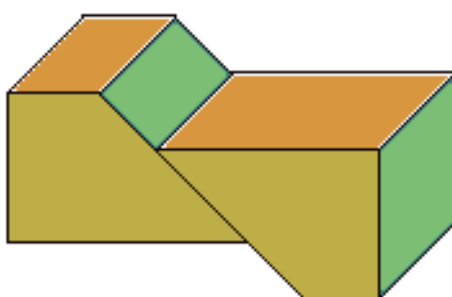
FACTORES QUE AFECTAN A LA DEFORMACIÓN

1. **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.
2. Experimentalmente se ha podido comprobar que las rocas se comportan más plásticamente bajo una **presión de confinamiento** elevada.
3. La **temperatura** también hace variar el comportamiento de las rocas frente a los esfuerzos, aunque el efecto es diferente en cada tipo de roca.
4. La **presencia de agua** aumenta la plasticidad de las rocas. Si la presión de fluidos es muy elevada, la roca se vuelve más frágil.
5. 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.
6. 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.

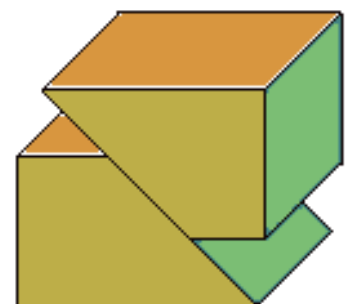
Estructuras de deformación		Tipos de esfuerzos		
		distensión	compresión	cicalla
Escala local	Comportamiento Rígido	Falla normal	Falla inversa	Falla desgarre
	Comportamiento plástico		Pliegue	
Escala cortical		Rift Valley	Orógeno	Falla transformante



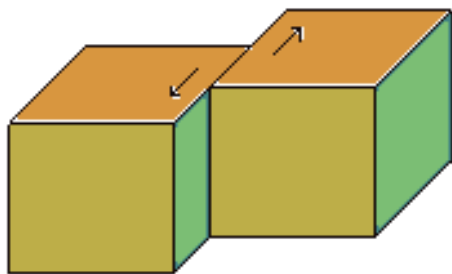
Bloque inicial sin deformación



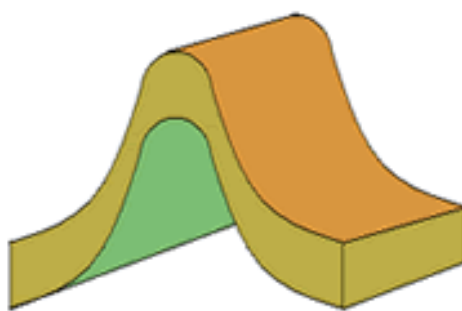
Falla normal



Falla inversa



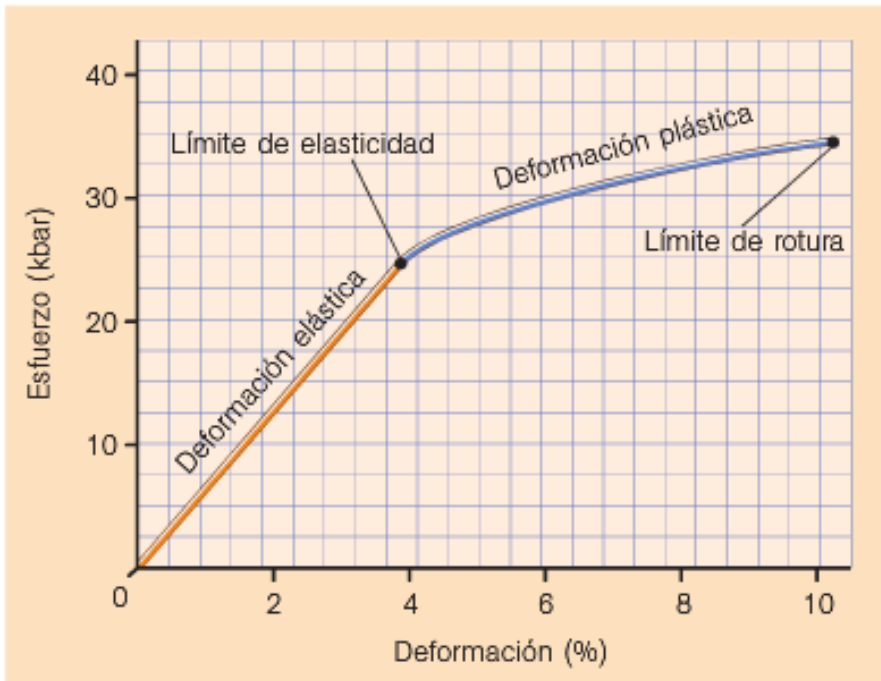
Falla desgarre



Pliegue

El esfuerzo (sea del tipo que sea) puede provocar la deformación de las rocas y esta deformación puede ser de tres tipos (igual que en cualquier otro tipo de material)

RELACIÓN ENTRE ESFUERZO Y DEFORMACIÓN



- 1. Deformación elástica:** el material se deforma, pero cuando cesa el esfuerzo, la deformación desaparece (por ejemplo una goma elástica). Es, por tanto, una deformación reversible.
- 2. Deformación plástica:** la deformación se mantiene aunque el esfuerzo desaparezca (como ocurre con la plastilina). La deformación es irreversible.
- 3. Deformación frágil:** el material se fractura como respuesta al esfuerzo (sería el caso de un vidrio roto). Al igual que la anterior, también es irreversible..

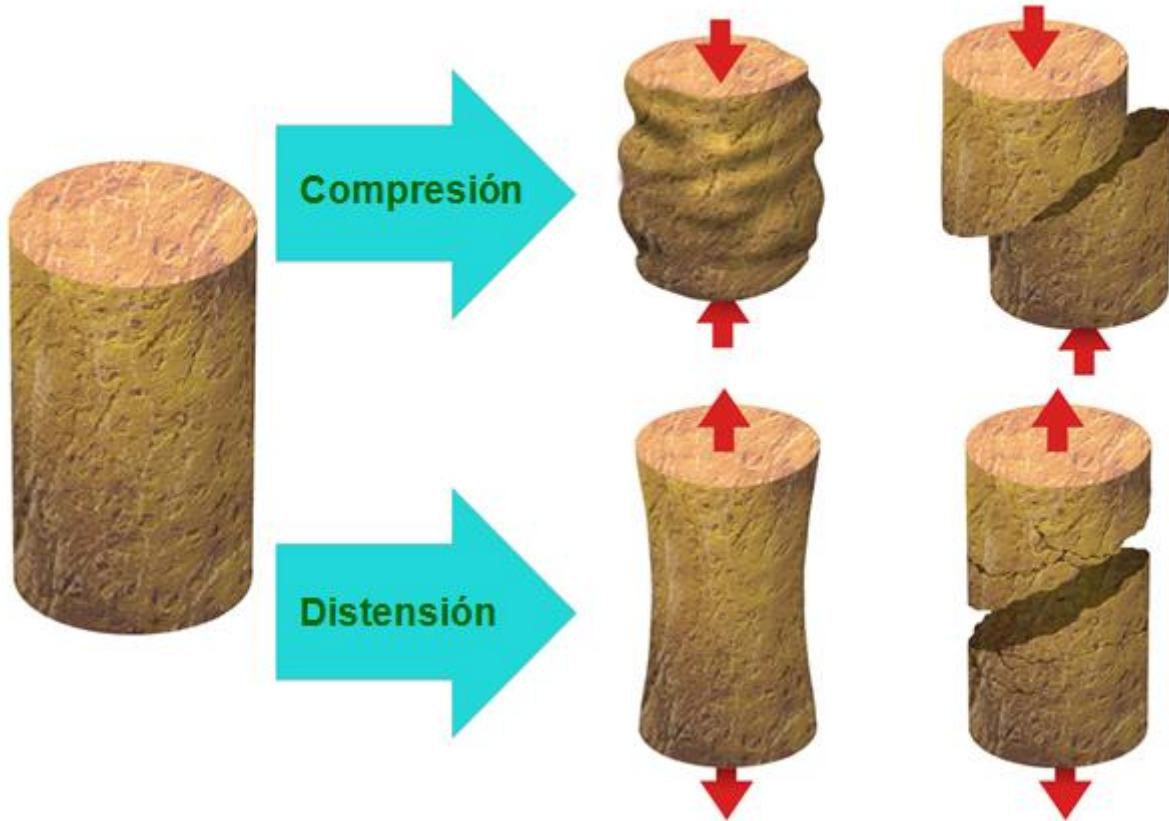
Cilindro de roca

Compresión

Distensión

Comportamiento
dúctil

Comportamiento
frágil



Deformaciones de las rocas

Si se sobrepasa el límite de rotura (las rocas se rompen)

Fracturas

Hay desplazamiento relativo entre los bloques

Fallas

Se clasifican en

Pliegue-falla

Fallas inversas

Fallas de desgarre

Fallas normales

No existe desplazamiento relativo entre los dos bloques

Diaclasas

No se sobrepasa el límite de rotura

Pliegues

Se pueden clasificar

Por la disposición de los flancos

Por la inclinación del plano

Por tipo de agrupación

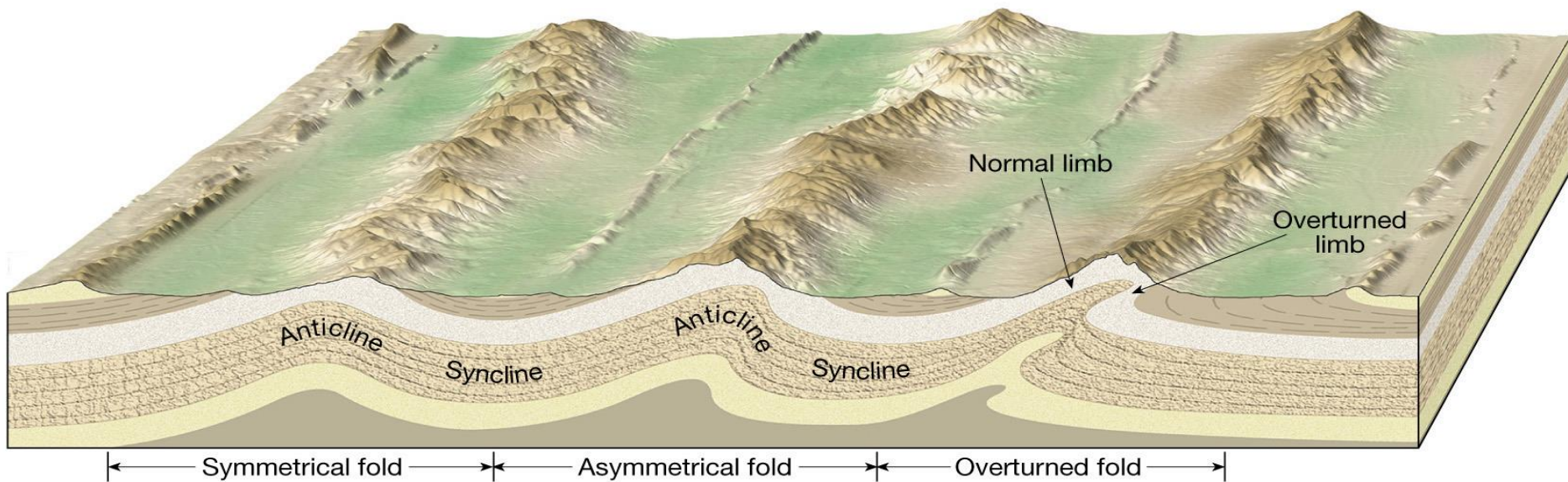
Por la antigüedad de los materiales del núcleo

Por su simetría

Por el espesor de las capas

LOS PLIEGUES

Los pliegues son deformaciones dúctiles (continuas) de las rocas, generalmente sedimentarias, producidas por fuerzas de compresión. Su magnitud varía desde unos pocos milímetros (micropliegues) hasta decenas de kilómetros. Se visualizan fácilmente por la pérdida de horizontalidad de los estratos.



ELEMENTOS DE UN PLIEGUE

Charnela: zona de mayor curvatura del pliegue.

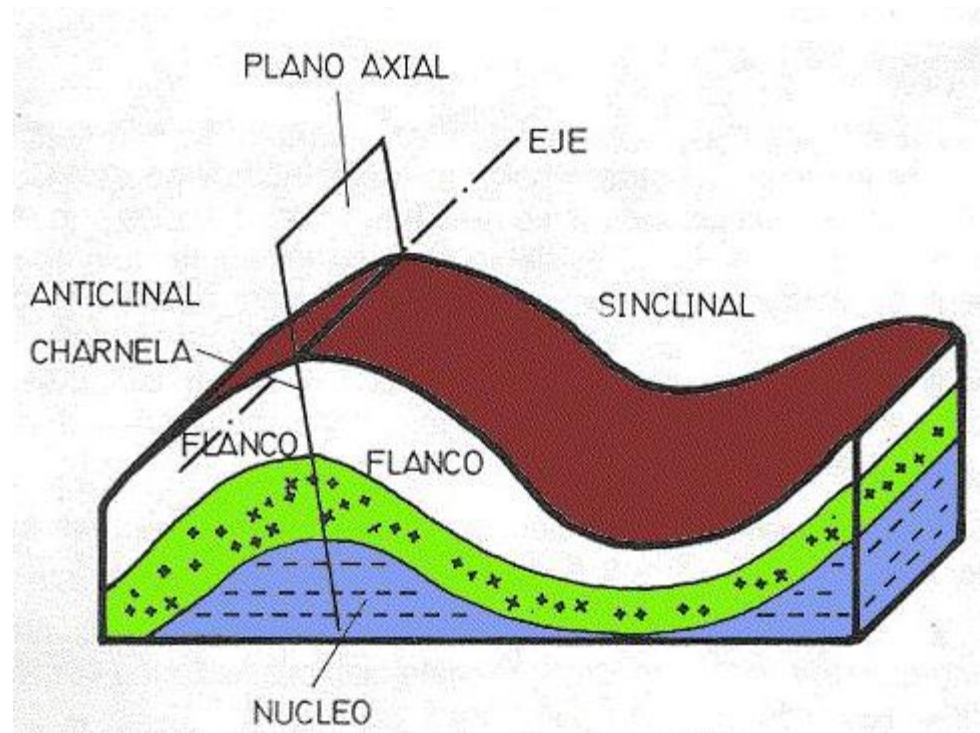
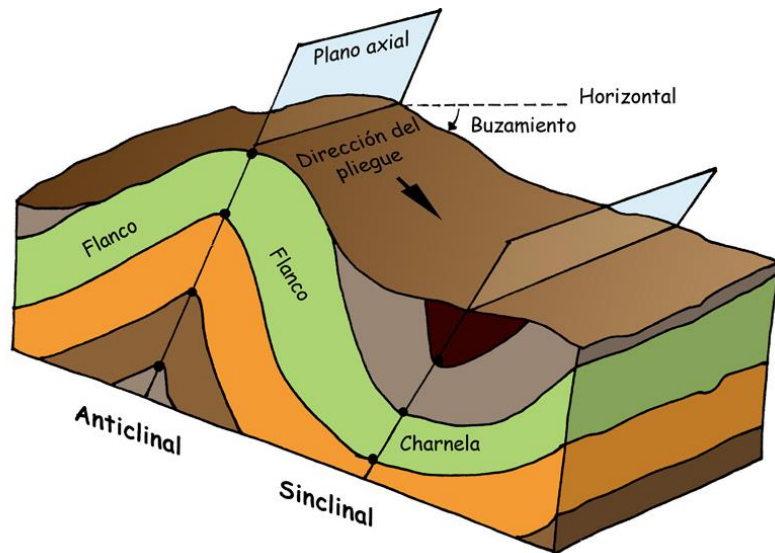
Línea de charnela o eje de pliegue: línea que une los puntos de mayor curvatura de una superficie del pliegue.

Dirección: ángulo que forma el eje del pliegue con la dirección geográfica norte-sur.

Plano axial: plano que contiene todas las líneas de charnela y corta el pliegue.

Núcleo: parte más comprimida y más interna del pliegue.

Flancos: mitades en que divide el plano axial a un pliegue.



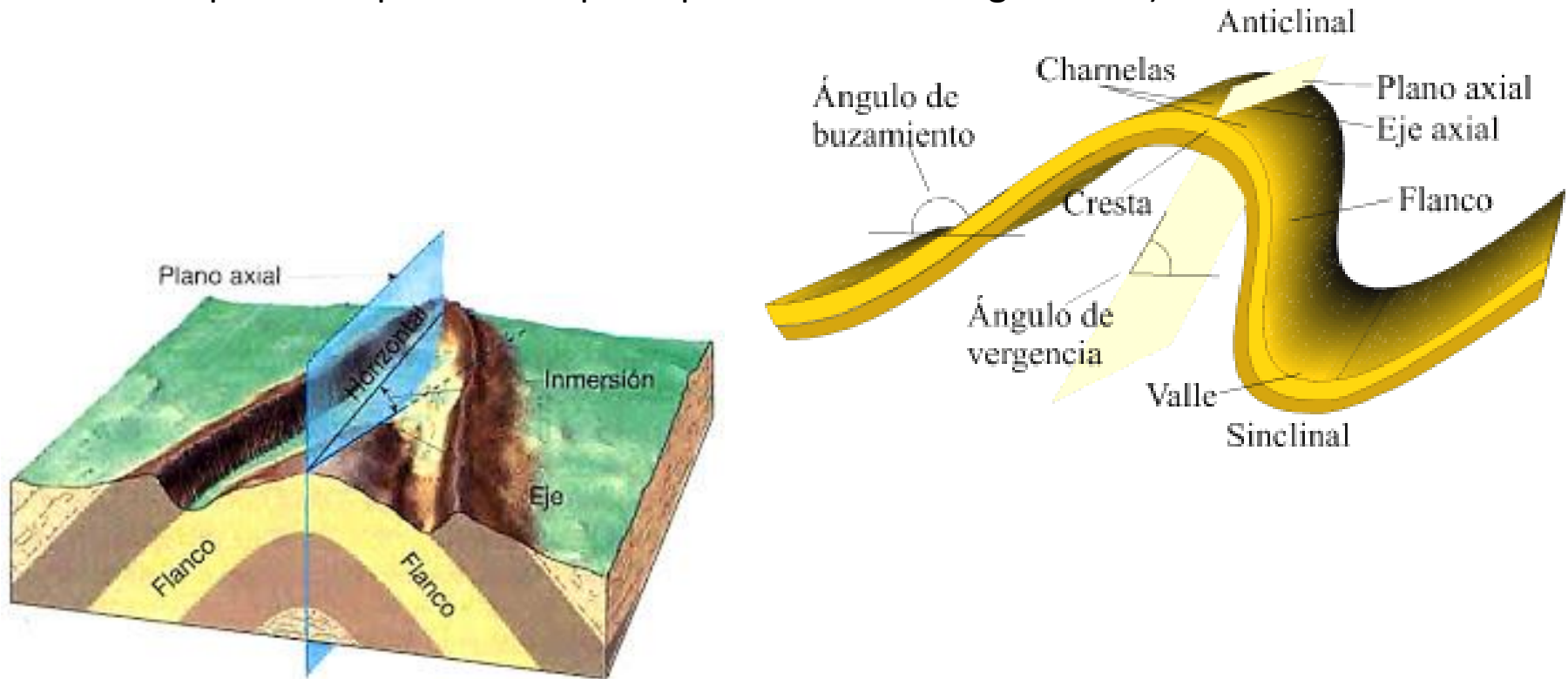
ELEMENTOS DE UN PLIEGUE

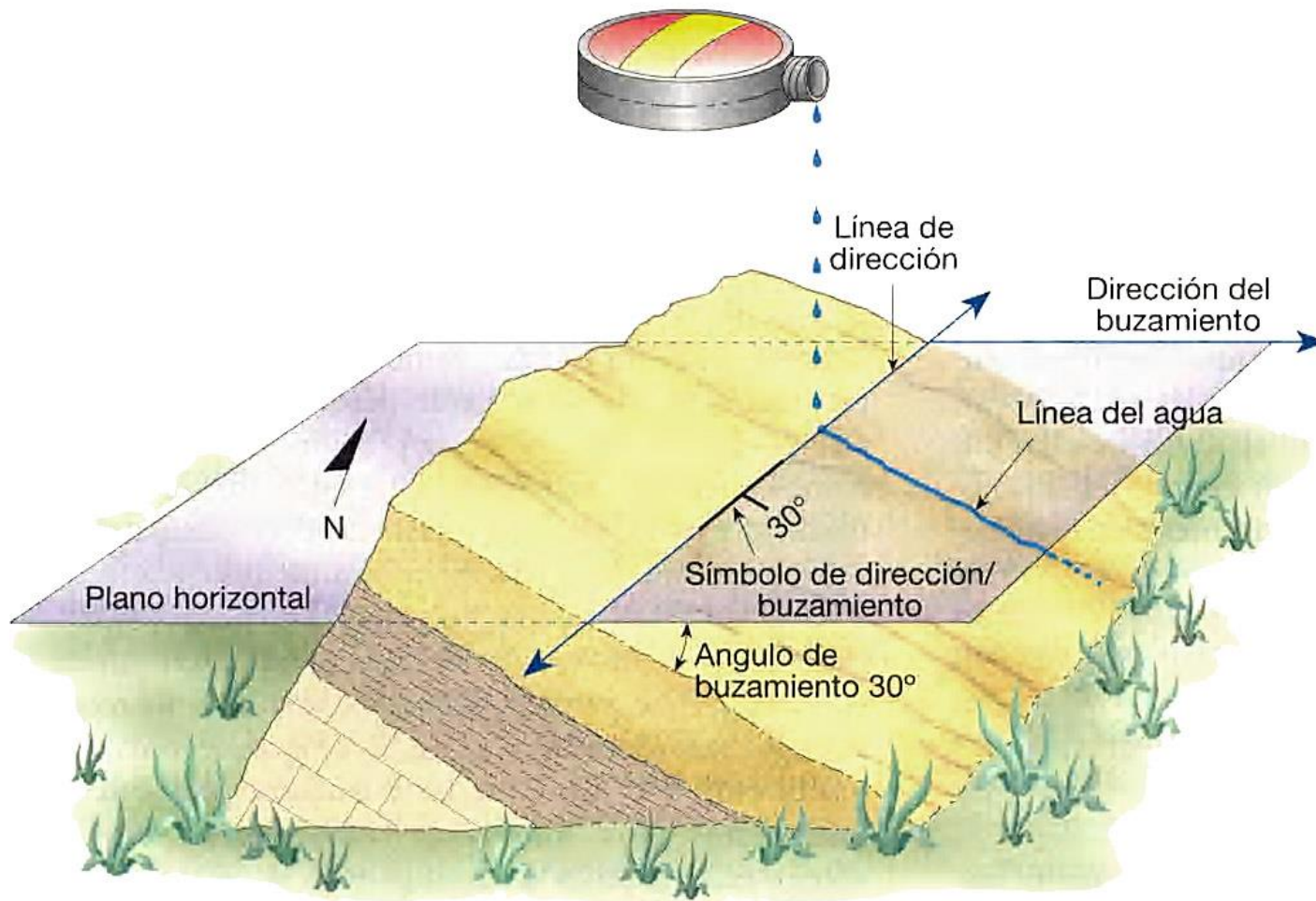
Cabeceo o inmersión: ángulo que forma el eje de pliegue con la horizontal

Cresta: zona más alta de un pliegue convexo hacia arriba.

Valle: zona más baja de un pliegue cóncavo hacia arriba.

Vergencia: dirección hacia la que se inclina el plano axial de un anticlinal no recto, es decir el ángulo que forma el plano axial con la horizontal (también dirección hacia la que se desplaza el bloque superior de un cabalgamiento).



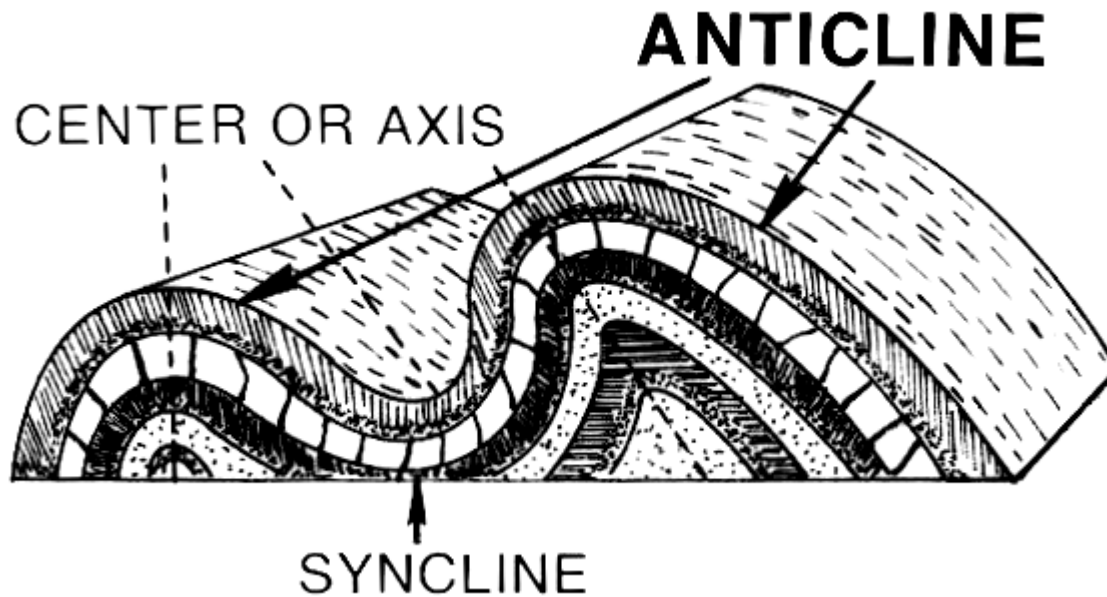


TIPOS DE PLIEGUES

Por la disposición de sus capas según antigüedad:

Anticlinales: los estratos son más antiguos cuanto más hacia el núcleo. El pliegue es convexo hacia arriba siempre que no se haya invertido su posición por causas tectónicas.

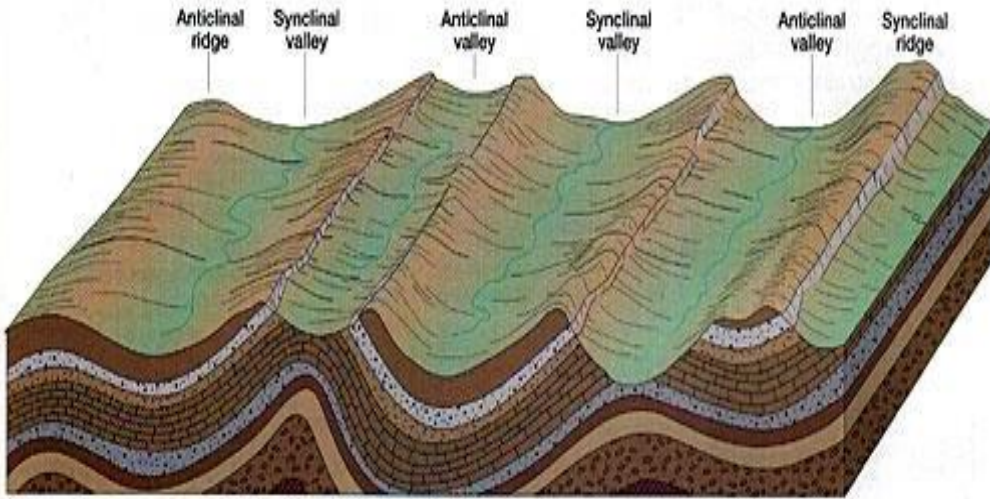
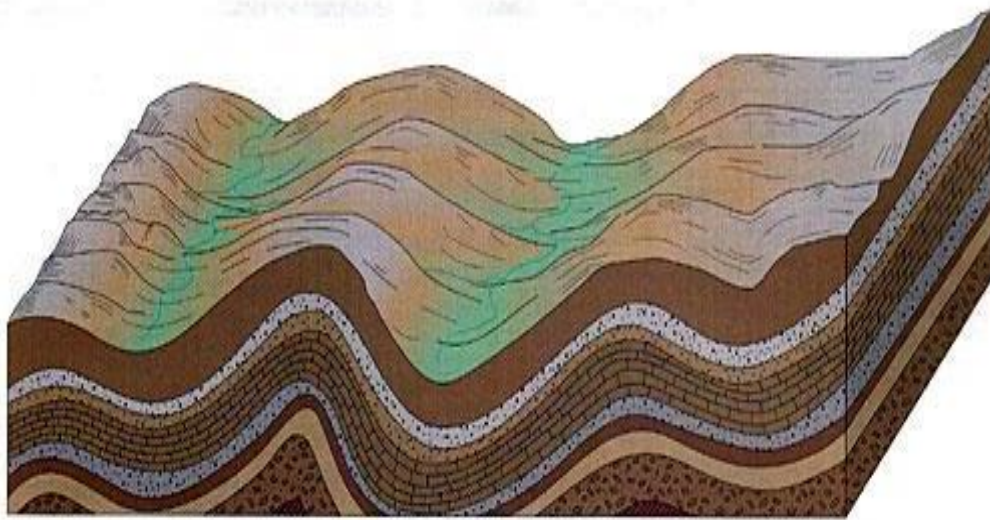
Sinclinales: los estratos son más jóvenes cuanto más hacia el núcleo. El pliegue es cóncavo hacia arriba siempre que no se haya invertido su posición por causas tectónicas.



Anticlinal

Sinclinal





(a)

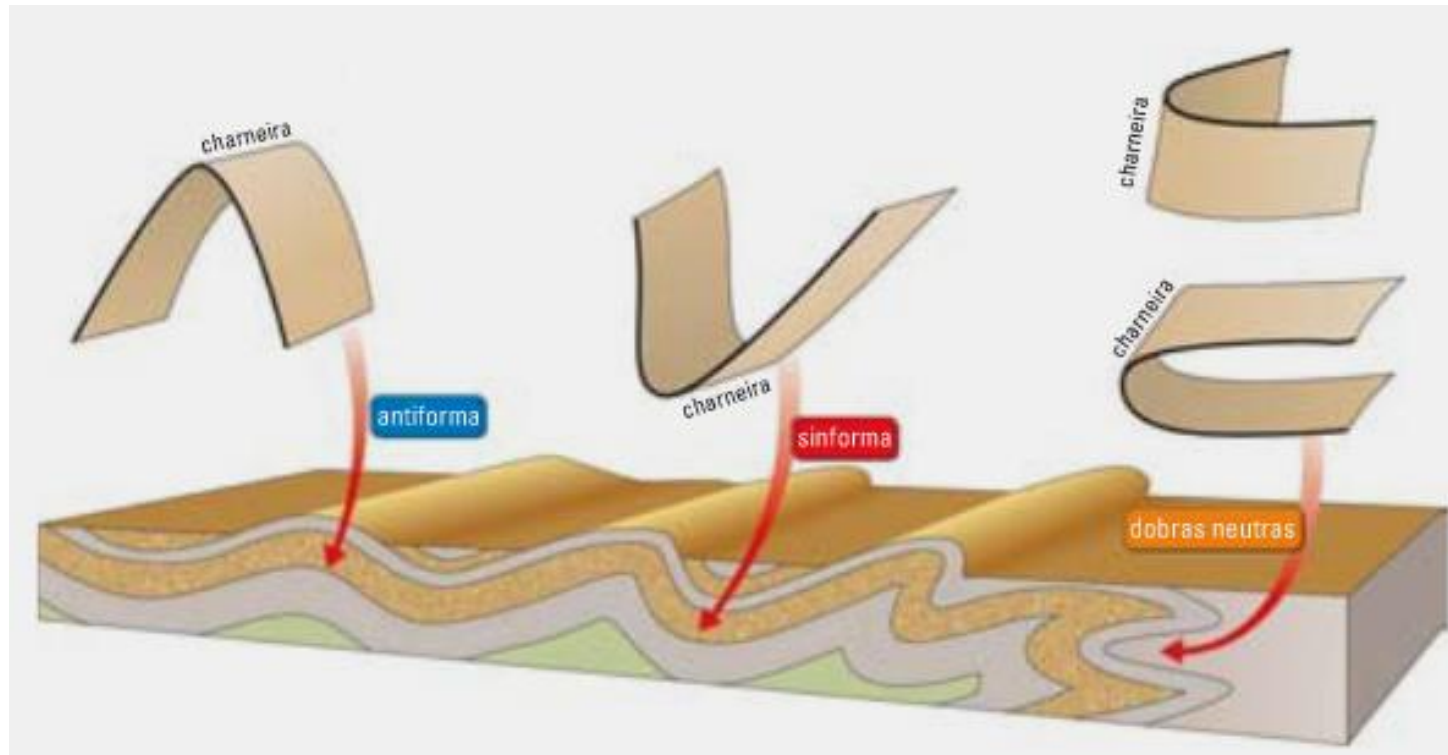




Por su forma: Cuando se desconoce la edad de los estratos que forman los pliegues, se denomina antiforme al pliegue convexo hacia arriba; y sinforme al pliegue convexo hacia abajo.

Antiforme: El pliegue es convexo hacia arriba, todo pliegue antiforme de primera generación es un anticlinal.

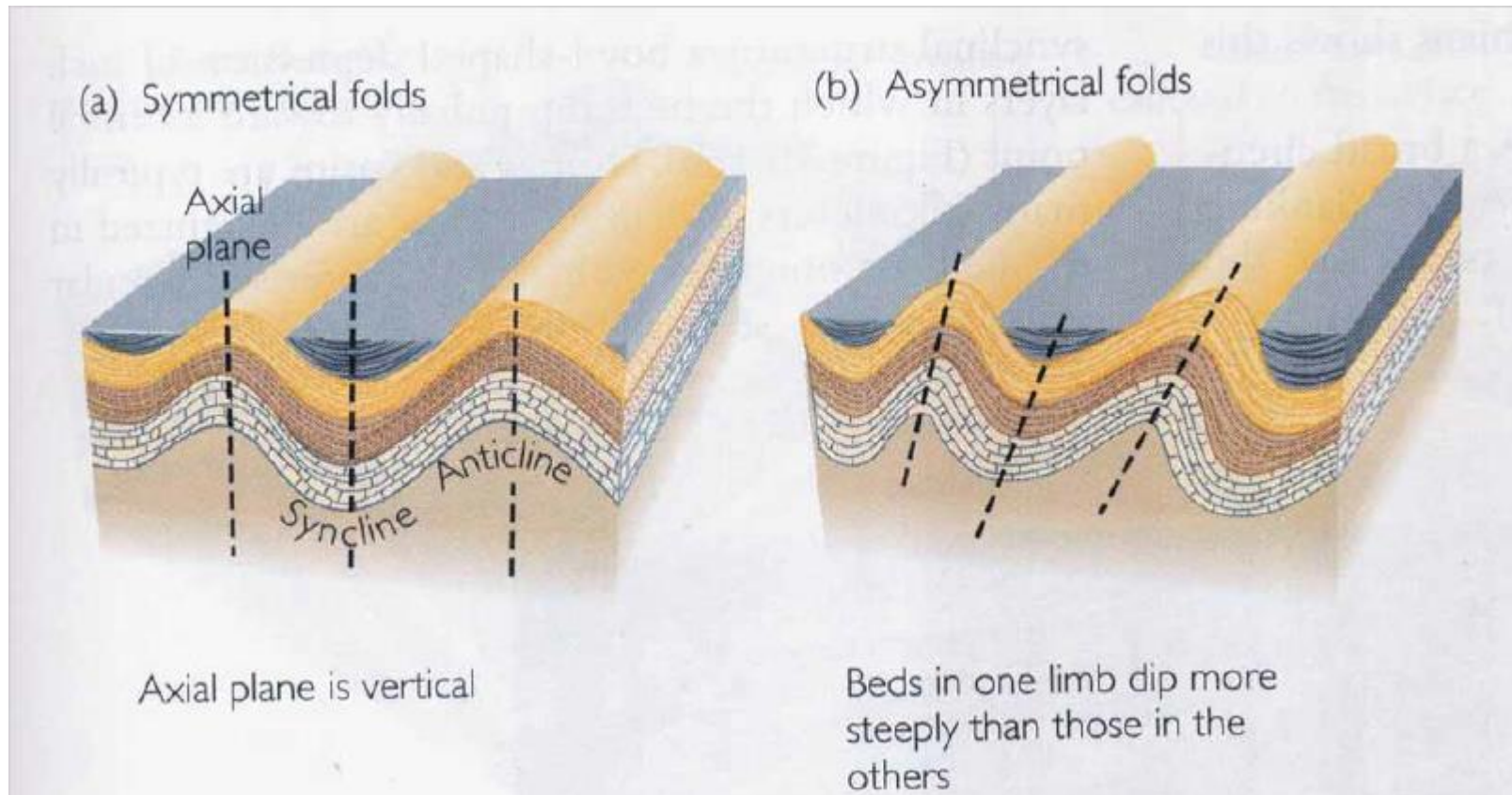
Sinforme: El pliegue es cóncavo hacia arriba o convexo hacia abajo, todo pliegue sinforme de primera generación es un sinclinal.



Por su simetría:

Simétricos respecto del plano axial

Asimétricos respecto del plano axial.

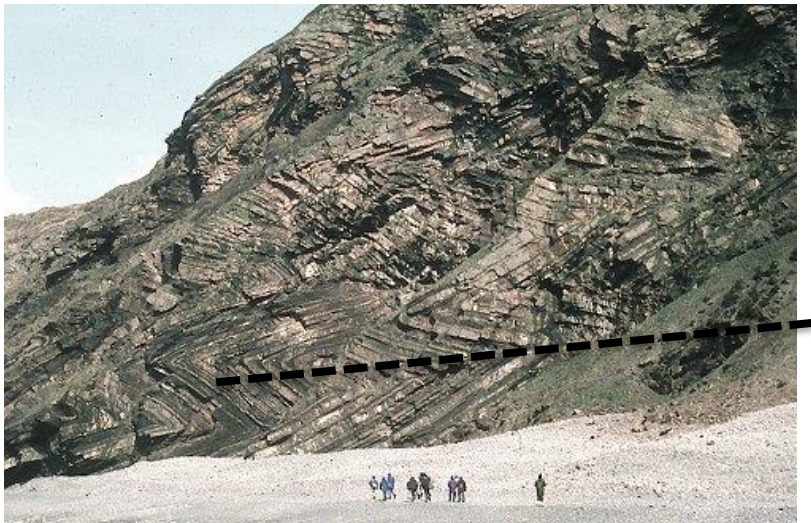
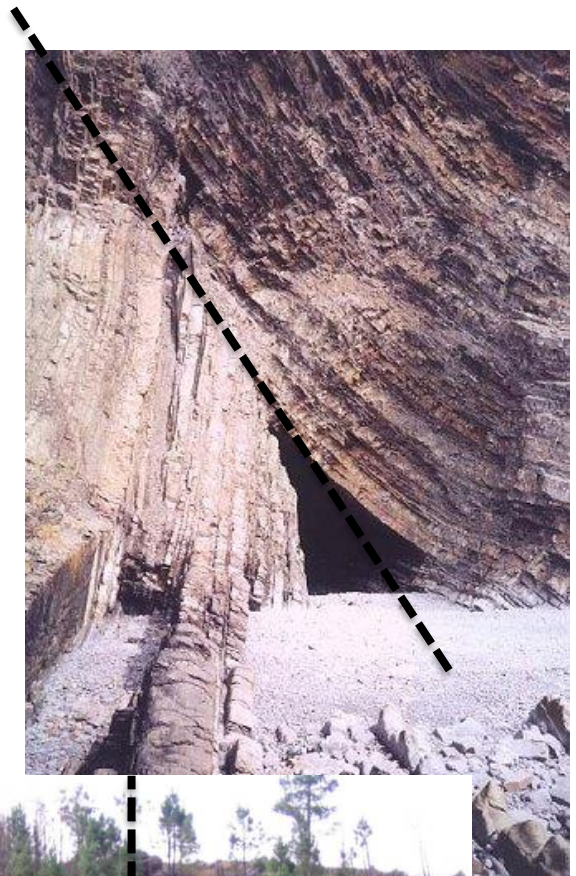


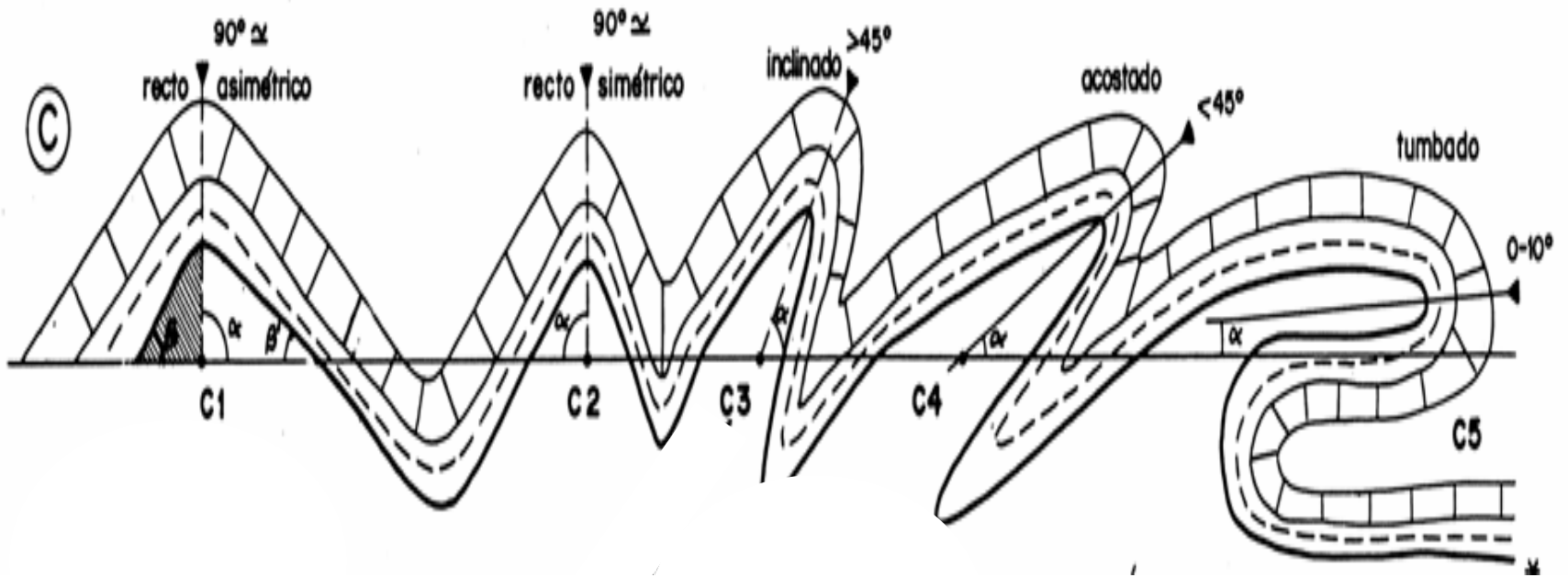
Por la inclinación del plano axial:

Rectos: el plano axial se encuentra en posición vertical.

Inclinados o tumbados: el plano axial se encuentra inclinado.

Recumbentes: el plano axial se encuentra muy inclinado u horizontal. En estos casos se puede producir una inversión del registro estratigráfico.

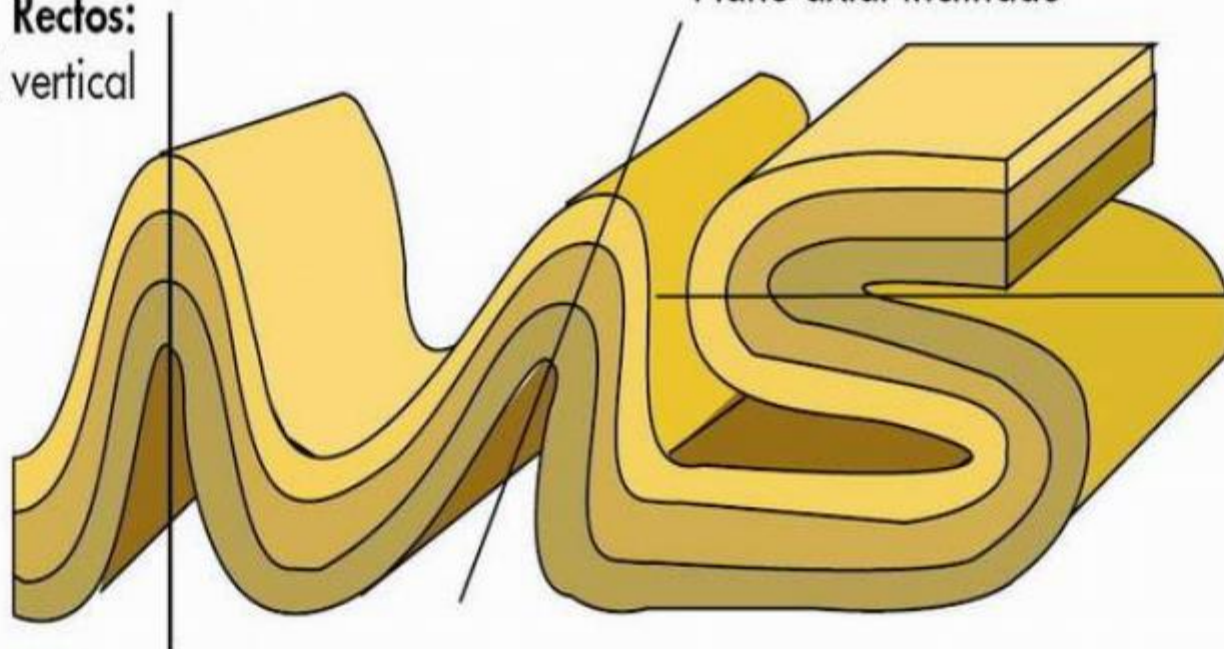




- POR LA INCLINACIÓN DEL PLANO AXIAL

Rectos:
Plano axial vertical

Inclinados o tumbados:
Plano axial inclinado



Recumbentes o acostados:
Plano axial horizontal

Por el espesor de sus capas

Isópacos: sus capas tienen un espesor uniforme.

Anisópacos: Sus capas no tienen un espesor uniforme. El espesor es mayor en la zona de charnela y menos en los flancos. Su origen es por compresión..

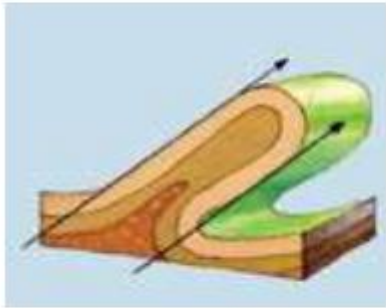
Isópaco



Anisópacos

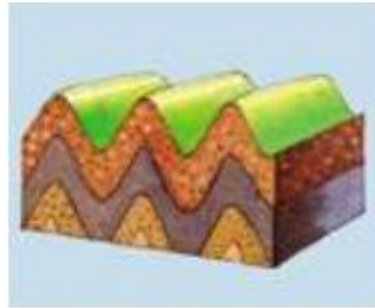


SEGÚN LA DISPOSICIÓN DE PLANO AXIAL, CHARNELAS O FLANCOS



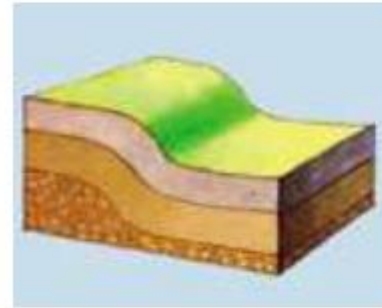
Isoclinal

Cuando los pliegues son igualmente inclinados y en la misma dirección, es decir, los flancos del pliegue son paralelos.



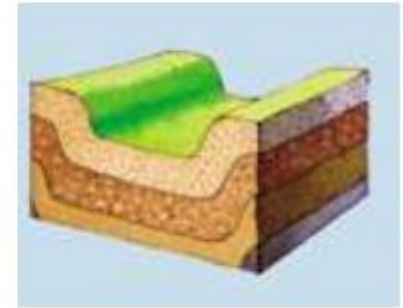
Acordeón

Se denominan así a los pliegues cuya charnela es angular.



Monoclinal

Son aquellos pliegues cuyas capas presentan el mismo buzamiento y dirección, es decir, cuando tienen un solo flanco.



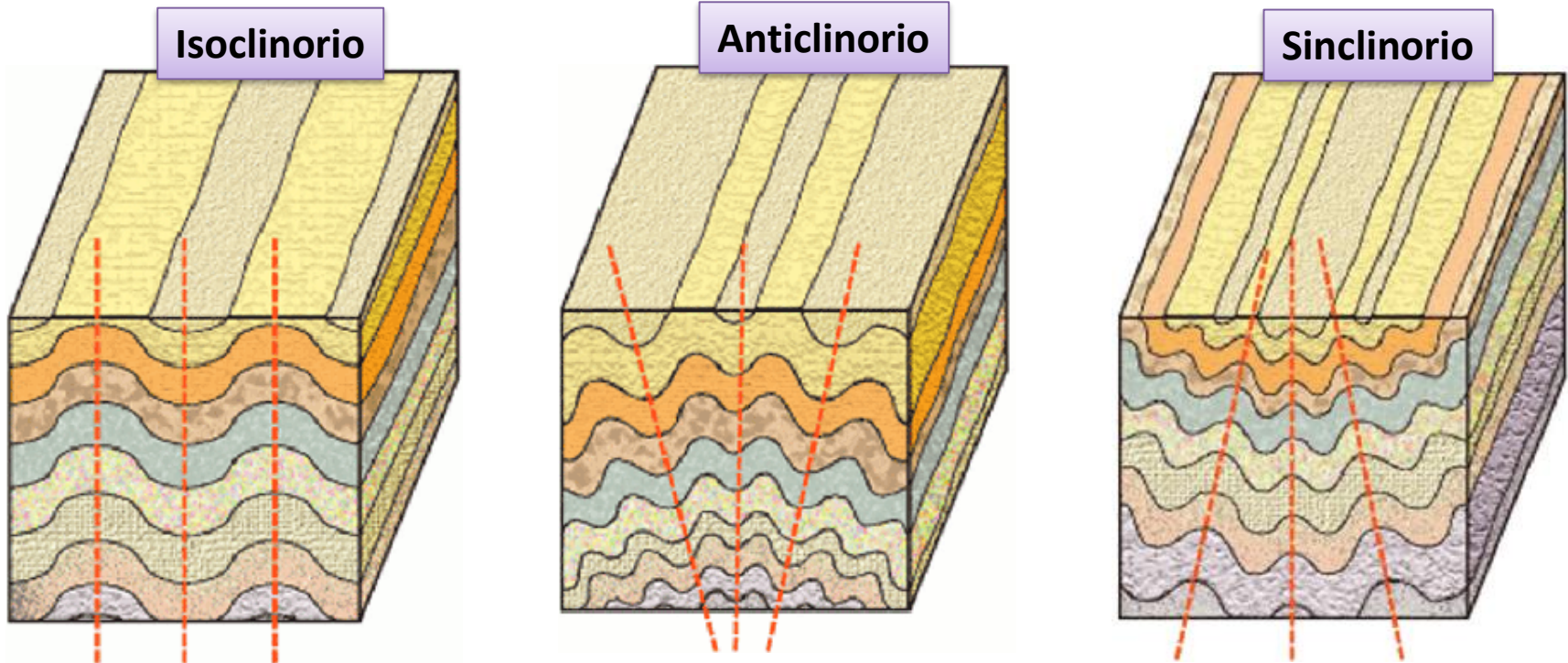
**Encofrado
o en caja**

Son los pliegues cuya charnela es recta y forma ángulos aproximados de 90°.

ASOCIACIONES DE PLIEGUES

Los pliegues no se suelen encontrar aislados, sino que se asocian. Las asociaciones más sencillas de pliegues son:

- **Isoclinorio:** los ejes de los pliegues son paralelos.
- **Anticlinorio:** los ejes de los pliegues convergen por debajo del pliegue, de modo que el conjunto de pliegues tiene forma de anticlinal.
- **Sinclinorio:** los ejes de los pliegues convergen por encima del pliegue, de modo que el conjunto de pliegues tiene forma de sinclinal.



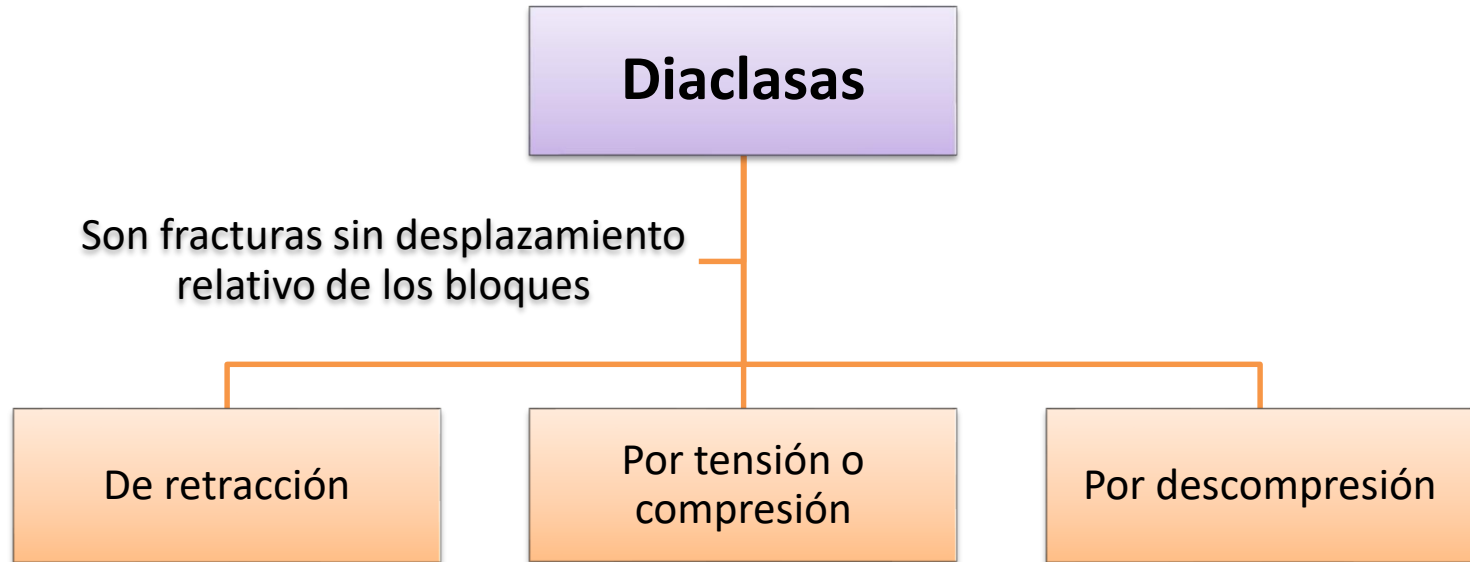
FRACTURAS: DIACLASAS

Una diaclasa (del griego «διά» dia, a través de, y klasis, rotura) es una fractura en las rocas que no va acompañada de deslizamiento de los bloques que determina, no siendo el desplazamiento más que una mínima separación transversal.



Las diaclasas son las fracturas más frecuentes y se encuentran en todo tipo de rocas, tanto a nivel superficial como a grandes profundidades. Las dimensiones de estas fracturas oscilan entre unos milímetros y varios metros

TIPOS DE DIACLASAS



Diaclasas de retracción:

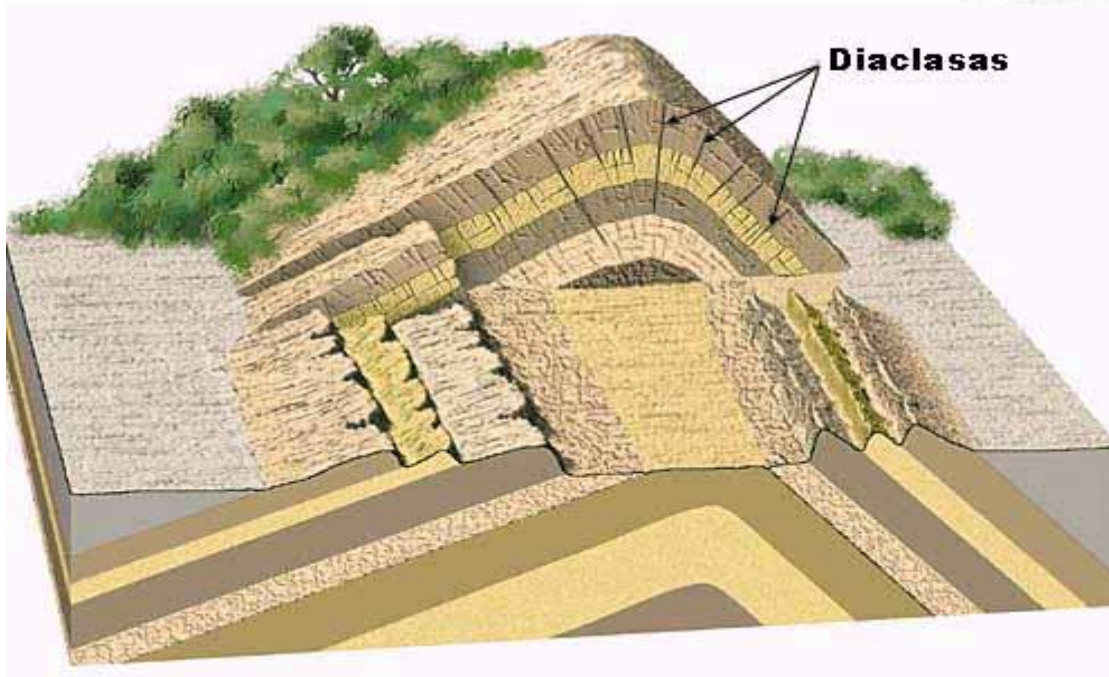
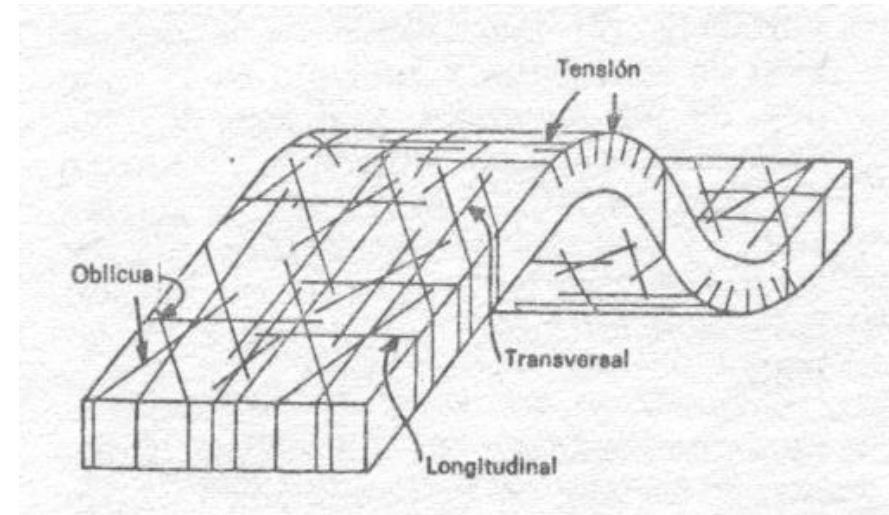
Grietas que se forman en las rocas por pérdida de volumen.

Por ejemplo en las arcillas cuando se deshidratan o en rocas volcánicas (**basalto**) al solidificar



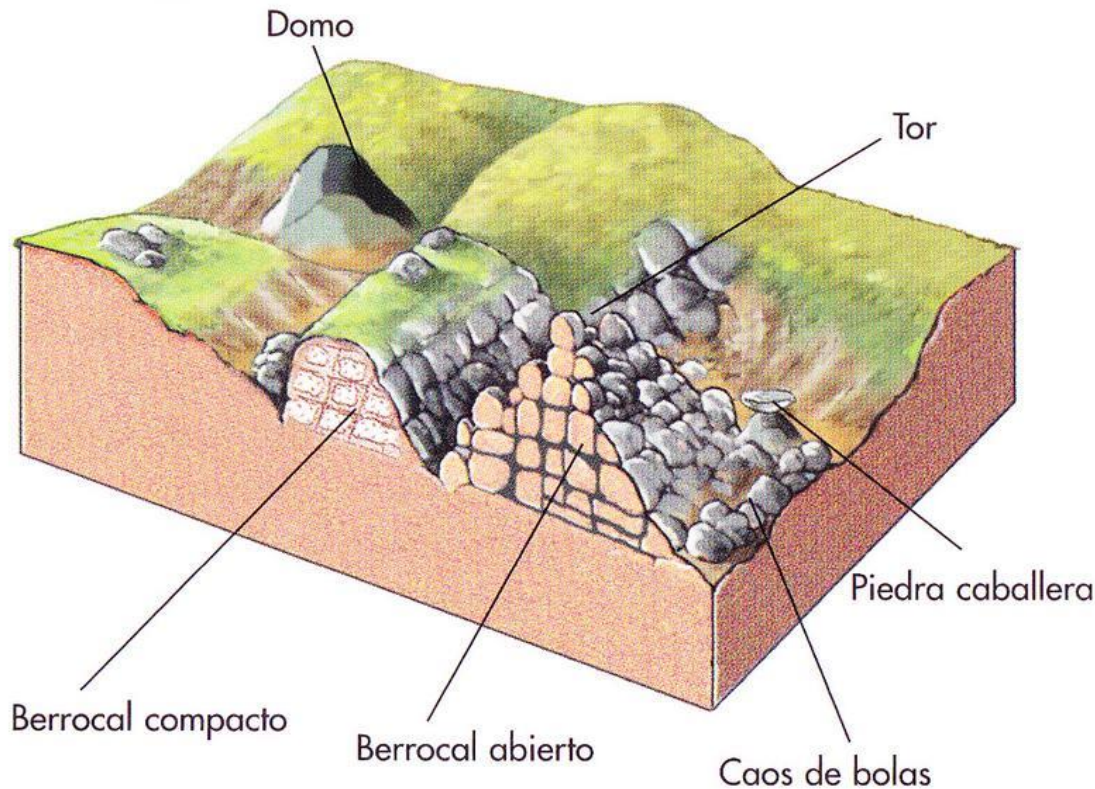
Diaclasas originadas por tensión o por compresión:

Por **tensión** se pueden formar por ejemplo en la parte externa de la charnela de los pliegues, mientras que en la cara interna se forman por **compresión**.



Diaclasas originadas por descompresión:

Otra causa importante de diaclasamiento es la descompresión, como la que afecta a un plutón granítico que la erosión va dejando al descubierto. Es así como se originan las formaciones que en el Centro de España se llaman berruecos o berrocales.



Diaclasas en el granito en el parque de la Pedriza



FALLAS

Las fallas, al igual que las diaclasas, son fracturas o dislocaciones (deformaciones frágiles) que se producen en las rocas de la corteza terrestre, pero a diferencia de aquéllas existe desplazamiento de los bloques resultantes de la fracturación. Este movimiento puede producirse en cualquier dirección, sea vertical, horizontal o una combinación de ambas.

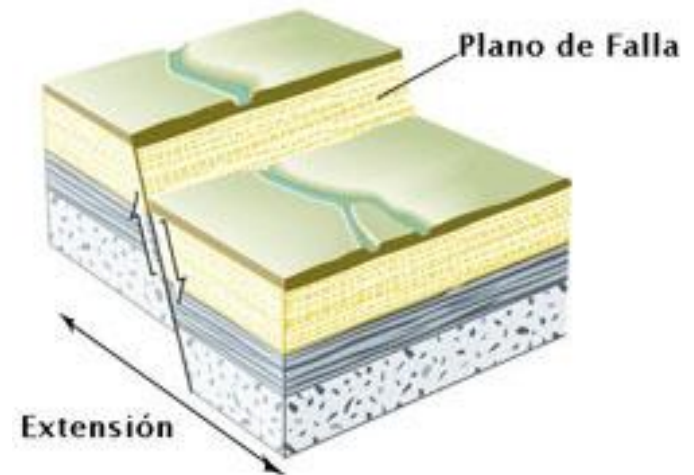
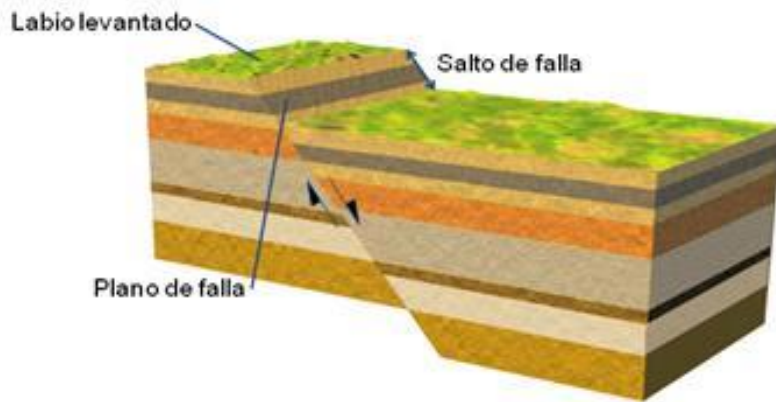


ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE UNA FALLA

Bloques o labios: cada una de las partes divididas y separadas por la falla.

- **Labio hundido:** el que queda en posición inferior con respecto al otro.
- **Labio levantado:** se mantiene elevado con respecto al hundido.
- Muchas veces no se puede saber si se ha hundido uno o se ha levantado el otro debido a la erosión. Sólo podemos observar el movimiento relativo de uno con respecto al otro.

Plano de falla: el plano de rotura por el que se ha producido el desplazamiento. Sirve para orientar la falla.



En ocasiones el plano de falla puede quedar expuesto al exterior mostrándose como una superficie pulida y muy brillante debido a vitrificación de su superficie (el calor provocado por el rozamiento funde la roca además de pulirla).

Sobre dicho plano también es frecuente encontrar estrías que indican el movimiento relativo entre los bloques.



ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE UNA FALLA

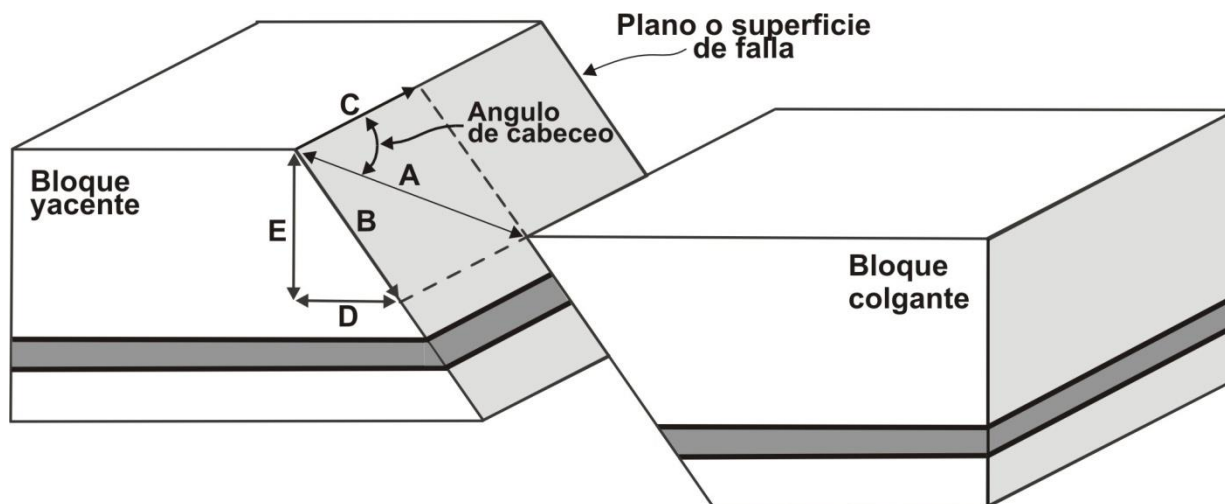
Salto: es la magnitud del desplazamiento.

* **Salto lateral o en dirección:** es el desplazamiento a lo largo del plano de falla medido en horizontal. (**D**)

* **Salto horizontal:** es el alejamiento de un bloque con respecto a otro medido en la horizontal. Es perpendicular al salto lateral. (**C**)

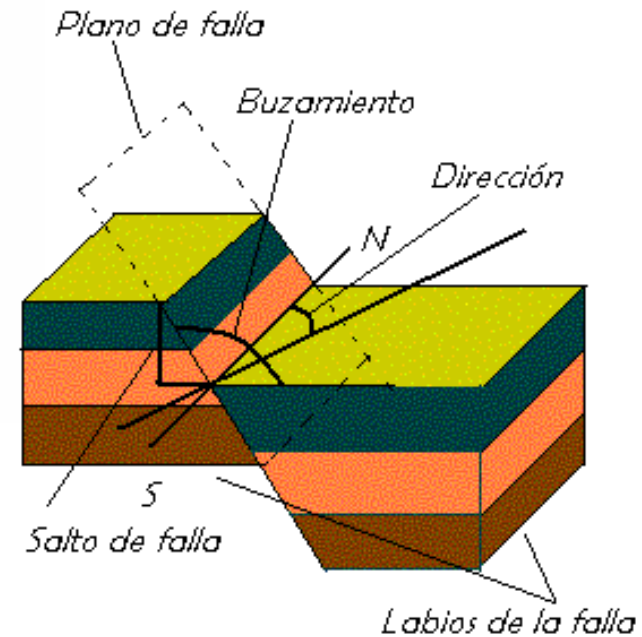
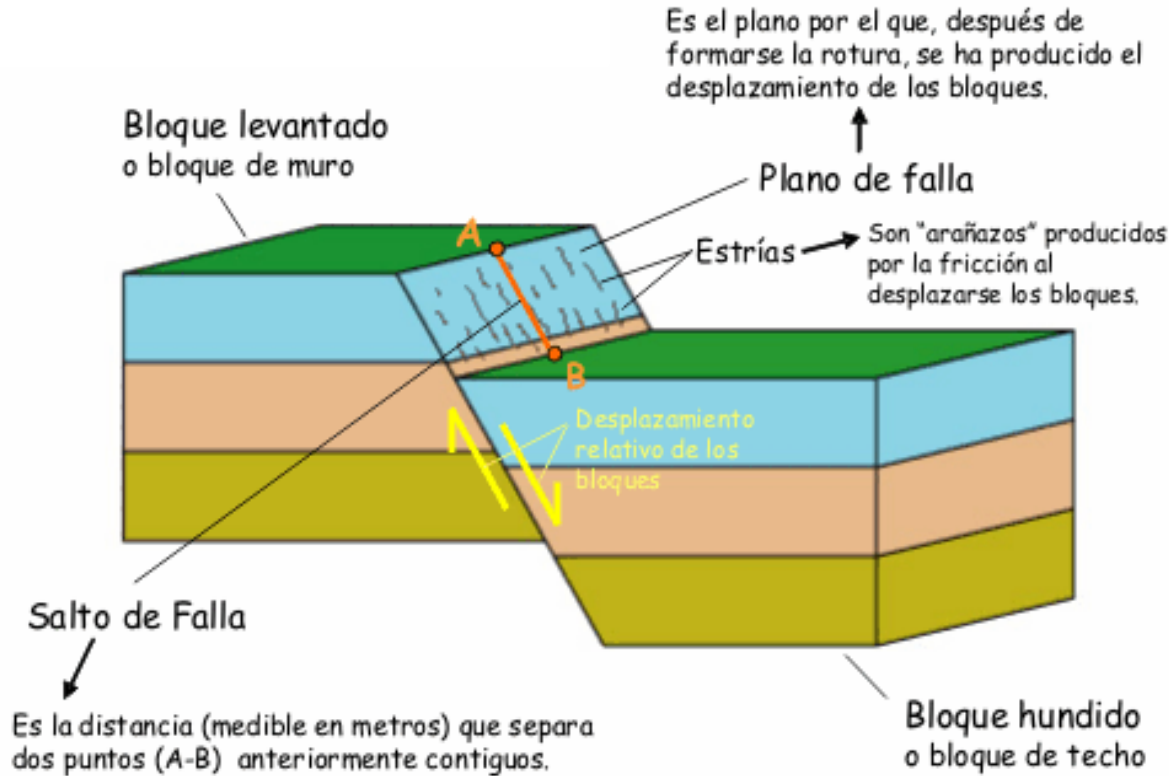
* **Salto vertical:** la distancia, en la vertical, que separa ambos labios. Es perpendicular a los dos anteriores. (**E**)

* **Salto neto:** es la resultante de los tres anteriores. (**A**) Frecuentemente se puede observar sobre el plano de falla unas estrías, denominadas **estrías de falla**. Nos indican la dirección del **salto neto**.



- A = Salto neto (net slip)
- B = Salto de buzamiento (dip slip)
- C = Salto horizontal (strike slip)
- D = Salto lateral (heave)
- E = salto de falla (throw)
- Angulo de cabeceo = pitch o rake

ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE UNA FALLA

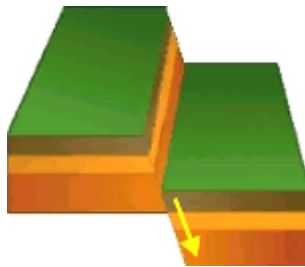


TIPOS DE FALLAS

Fallas

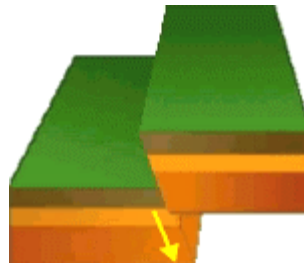
fracturas con desplazamiento de los bloques resultantes

Normales



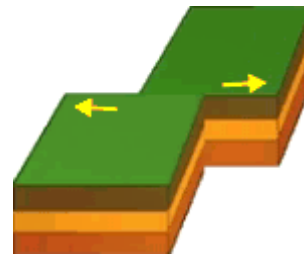
El labio hundido se apoya sobre el plano de falla. Su origen es por fuerzas de distensión. Hay un aumento de superficie

Inversas



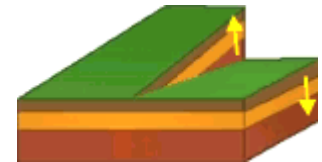
El labio levantado se apoya sobre el plano de falla. Se originan por compresión. Disminuye la superficie

Rectas o de dirección



También llamadas de *desgarre* o *cizalla*, tienen lugar por efecto de un desplazamiento horizontal.

Rotacionales o en tijera



El movimiento se produce por una rotación alrededor de un eje. El salto varía en magnitud a lo largo del plano de falla

TIPOS DE FALLAS

Atendiendo a los movimientos relativos de los bloques se diferencian:

1. Fallas normales o directas

Son aquellas en que se ha producido un hundimiento del techo o lo que es lo mismo, el bloque hundido descansa sobre el plano de falla. Se producen por distensión del terreno. Un caso especial de estas fallas son las fallas verticales, que presentan un salto de falla vertical.

2. Fallas inversas

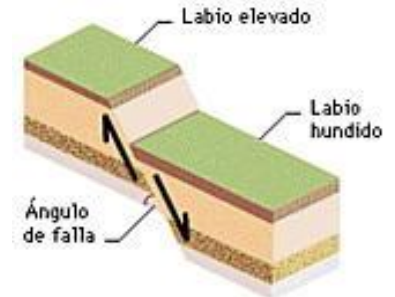
Son aquellas en la que se ha producido un hundimiento del muro; el bloque levantado descansa sobre el plano de falla. Se producen por compresión del terreno.

3. Fallas en dirección , transcurrentes o de desgarre:

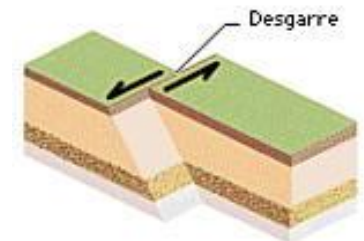
Sólo hay componente en dirección del salto de falla. Los bloques se desplazan lateralmente.

4. Fallas rotacionales o en tijera :

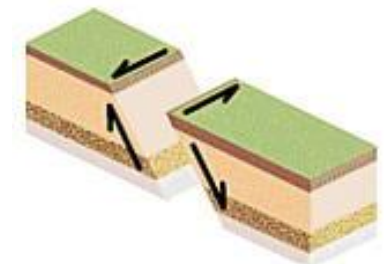
El plano de falla actúa como superficie de rotación de un labio respecto al otro.



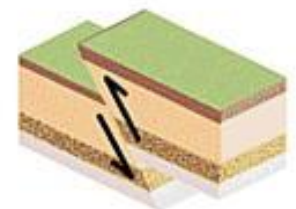
Falla normal



Falla de desgarre

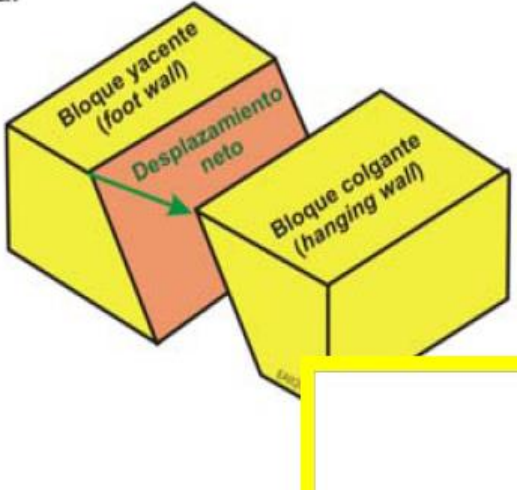
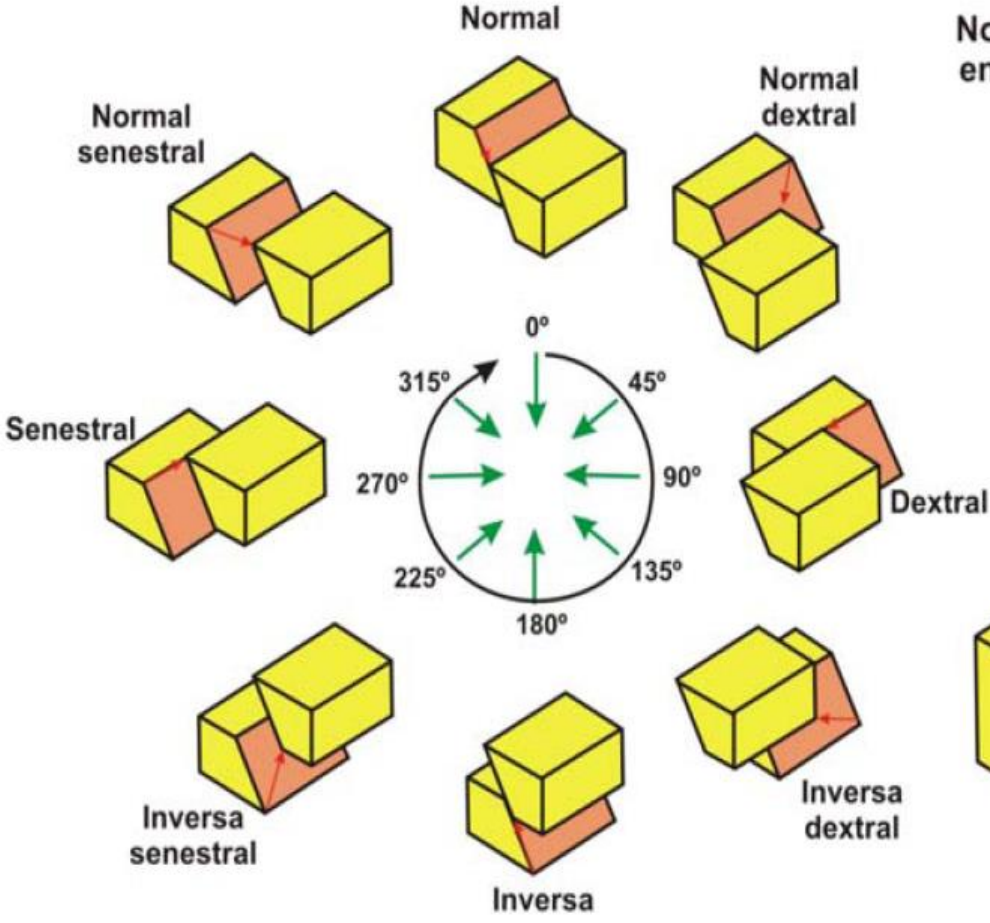


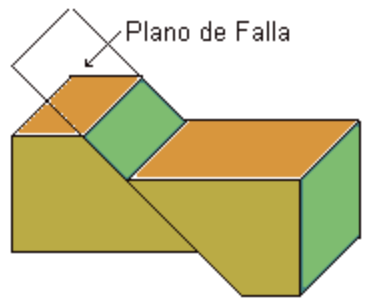
Falla oblicua con desgarre



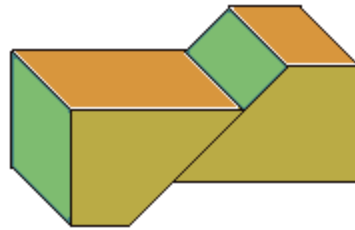
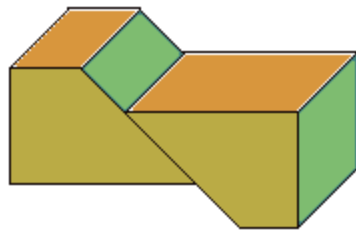
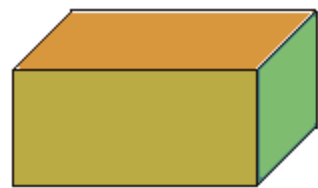
Falla inversa

Nomenclatura del fallamiento en función de la posición del desplazamiento neto

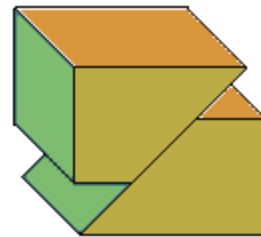
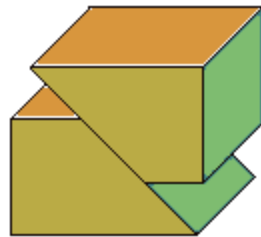




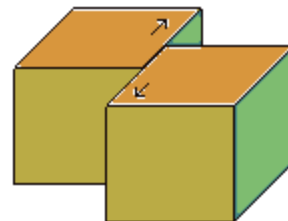
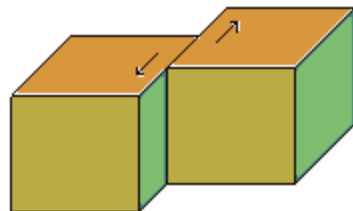
Tipos de fallas



Falla normal
(alargamiento)



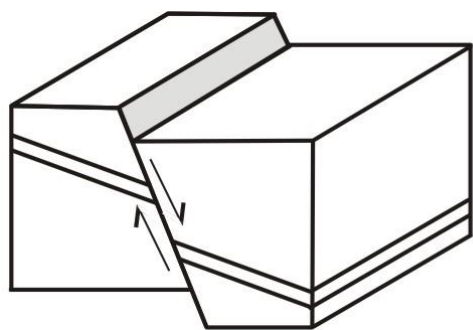
Falla inversa
(acortamiento)



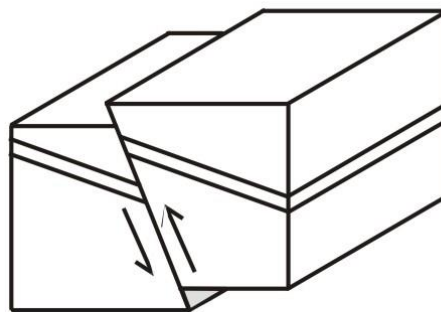
Falla desgarre
(cizalla)

falla sinestrosa ↯ ↻

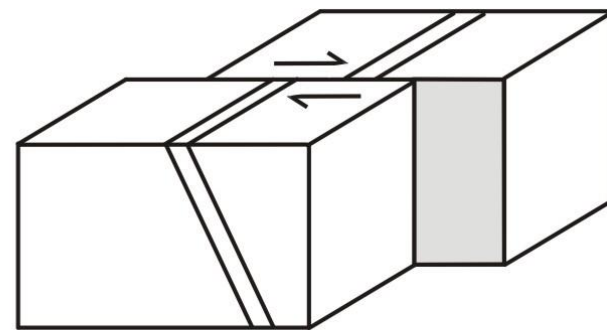
falla dextrosa ↻ ↯



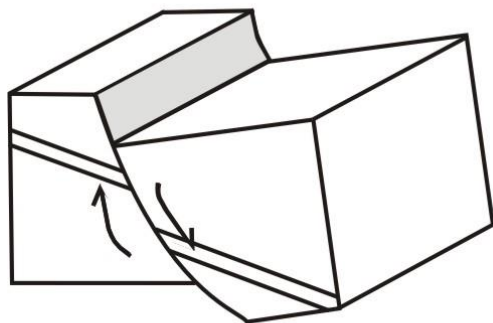
(a) normal



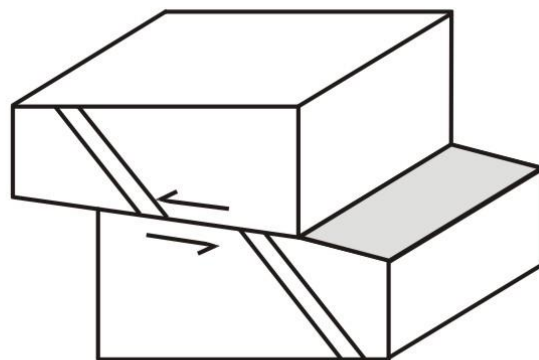
(b) inversa



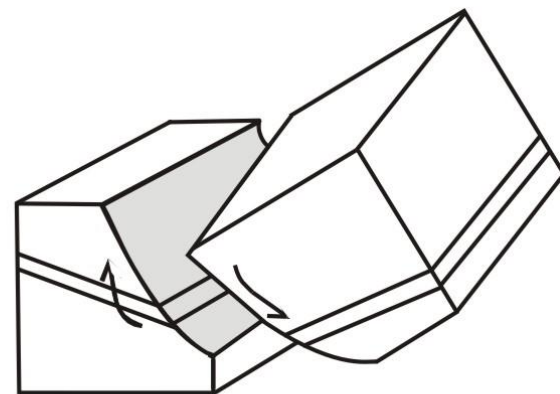
(c) de rumbo



(d) Lístrica normal



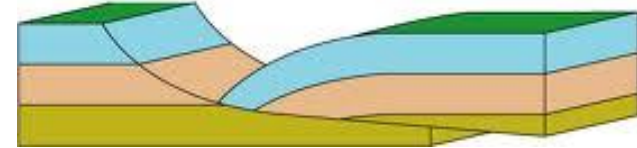
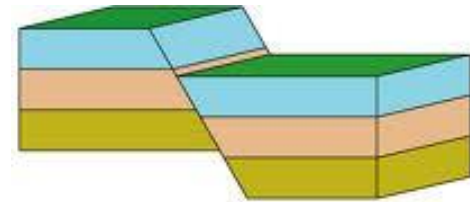
(e) cabalgamiento



(f) rotacional

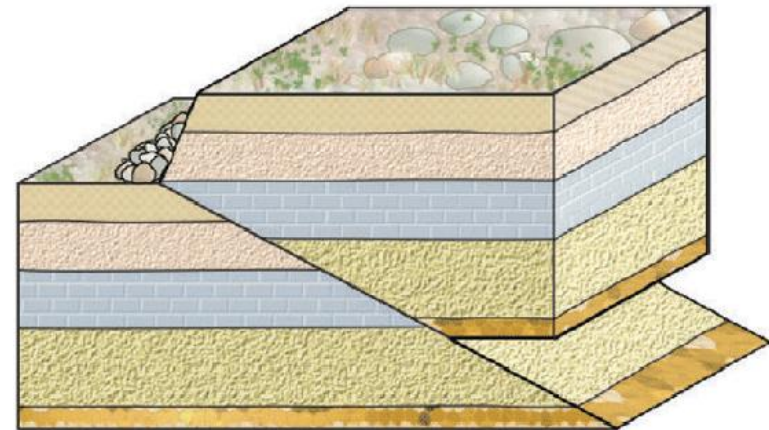
En cuanto a la forma del plano de falla se diferencian en:

- **Fallas rectas**
El plano de falla mantiene aproximadamente constante su pendiente.
- **Fallas lítricas o cóncavas**
El plano de falla va haciéndose progresivamente más horizontal.



Las fallas con un plano muy horizontal reciben el nombre de cabalgantes (ángulo de 45 a 30°) o tendidas (si el ángulo es menor de 30°).

La asociación de fallas de estos tipos con pliegues da lugar a los **cabalgamientos** y **mantos de corrimiento**.





FACTORES QUE DETERMINAN LA FORMACIÓN DE FALLAS

Que en una roca se genere una falla depende de factores como:

1. Esfuerzo sufrido

2. Tipo de roca

las más frágiles como ígneas y metamórficas presentan más tendencia a fallarse

3. Presión litostática

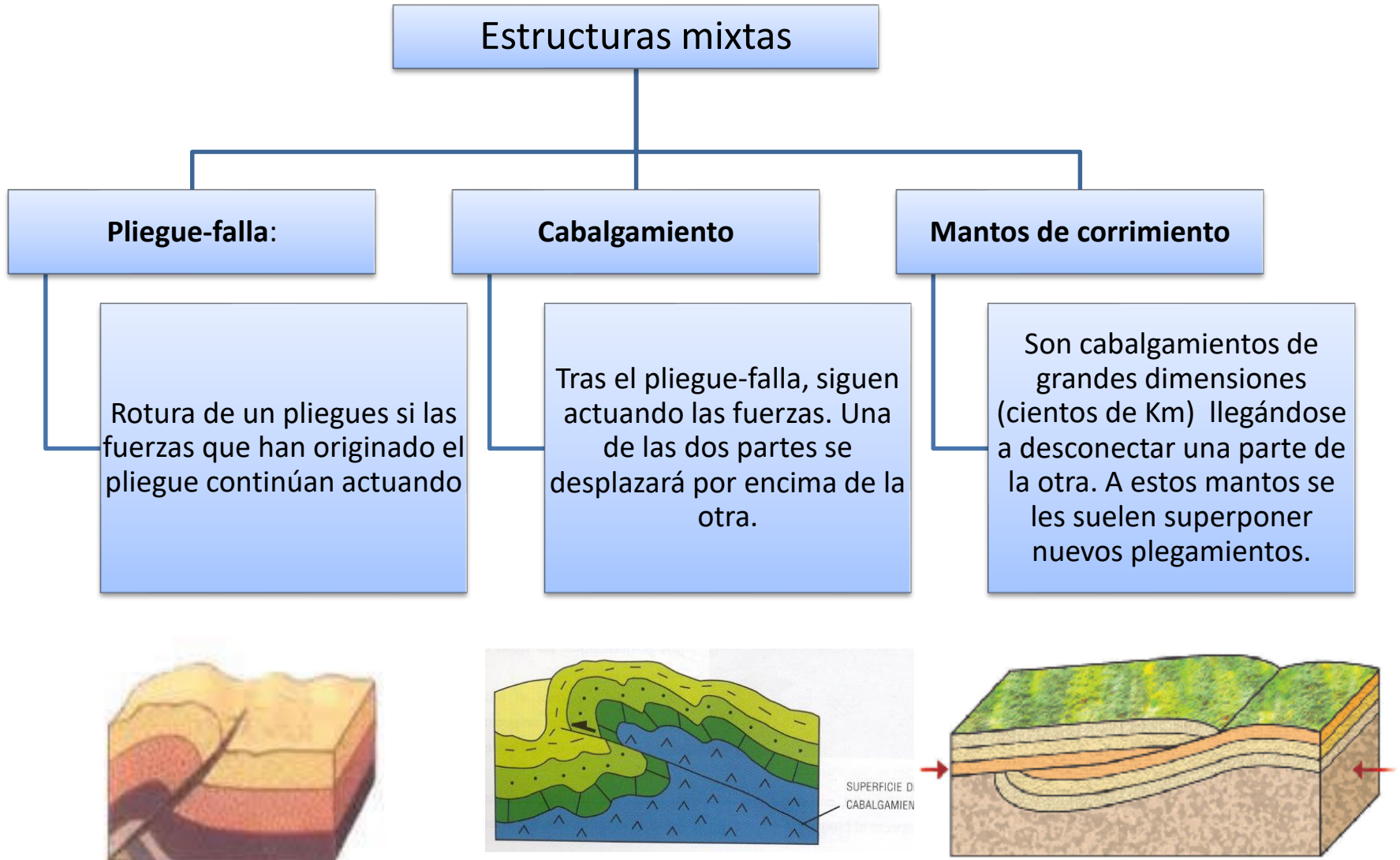
mucha presión hace a los materiales más plásticos y menos susceptibles de sufrir fallas

4. Temperatura

mucha temperatura hace a los materiales más plásticos y menos susceptibles de sufrir fallas.

ESTRUCTURAS MIXTAS

Frecuentemente se producen asociaciones entre pliegues y fallas.



An aerial photograph of a mountain range. The upper part of the image shows rugged, rocky peaks with patches of snow. Below the peaks is a wide, rocky plateau. The lower part of the image shows a valley with green vegetation and a winding road. Two orange lines are drawn across the image, one above the plateau and one below it. The text 'Unidad cabalgante' is written in yellow on the left side, and 'Unidad cabalgada' is written in white on the right side. A small orange box with the word 'FRENTE' is located in the center-right of the image.

**Unidad
cabalgante**

FRENTE

**Unidad
cabalgada**

ASOCIACIONES DE FALLAS

Cuando varias fallas están escalonadas y paralelas, se forman las fosas tectónicas o **graben** que están progresivamente hundidas y los **horst**, donde los bloques elevados se encuentran en la zona central.

<http://vimeo.com/26643088>

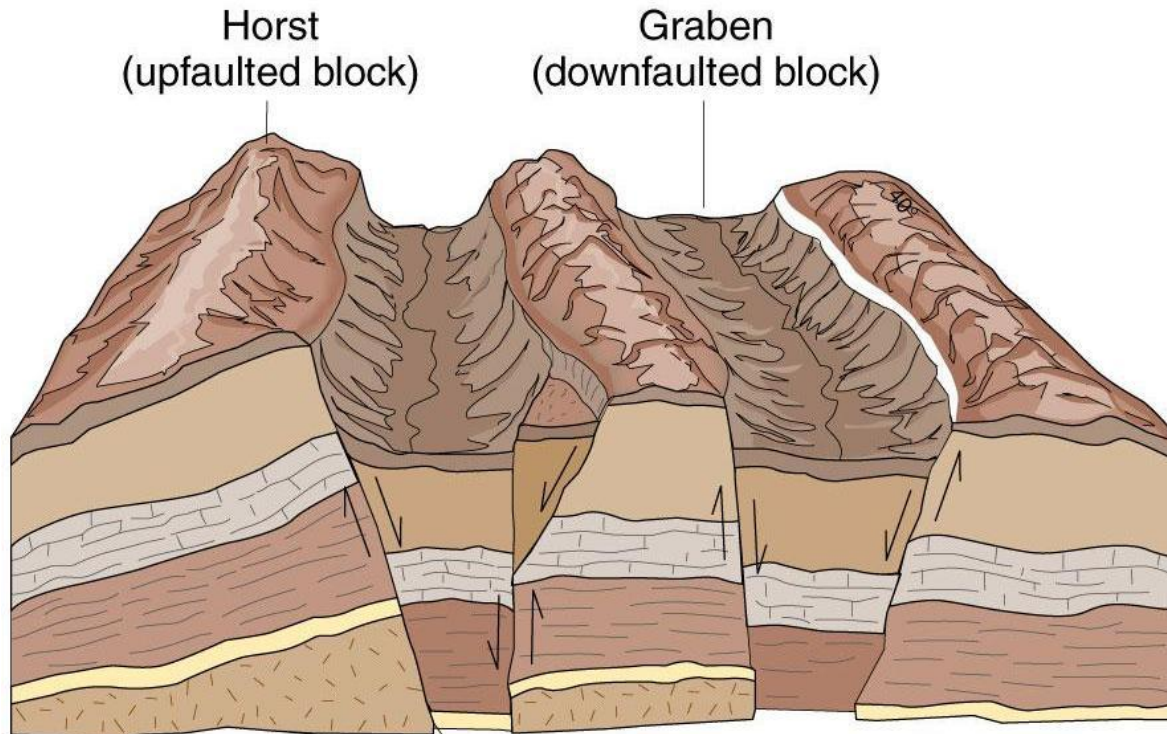
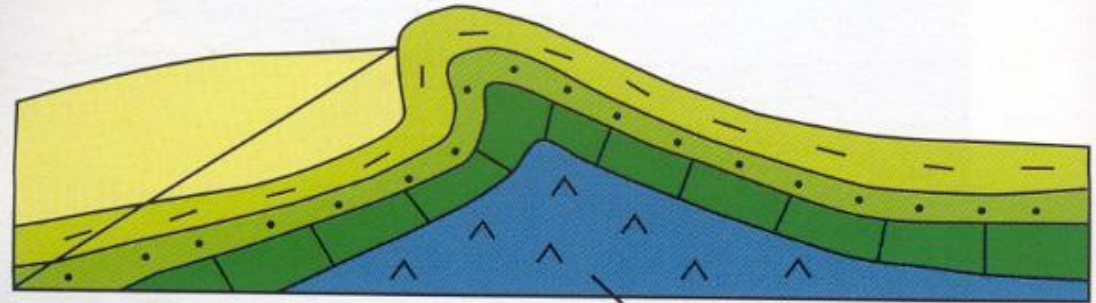
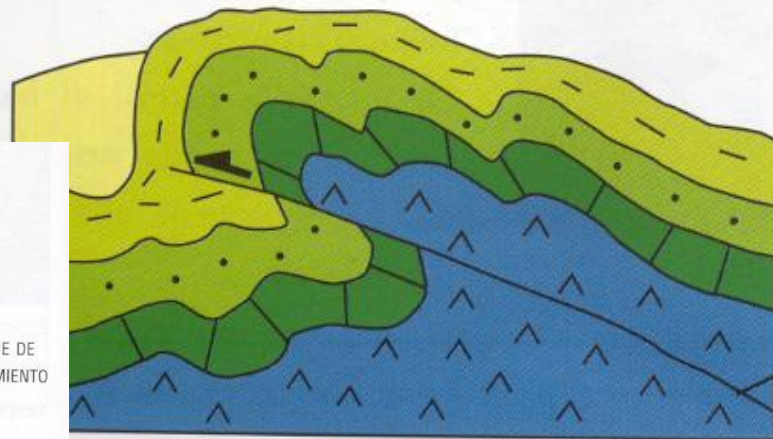
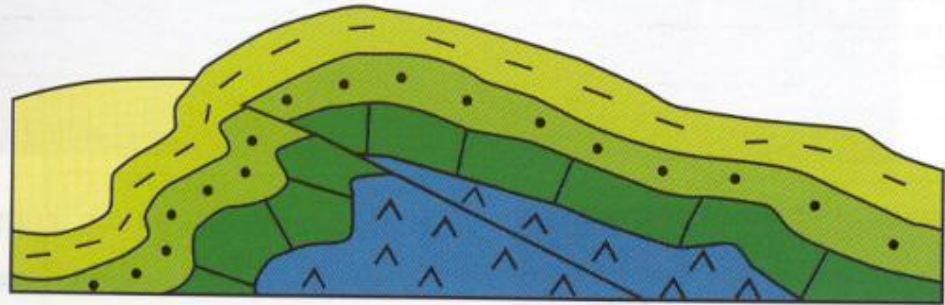


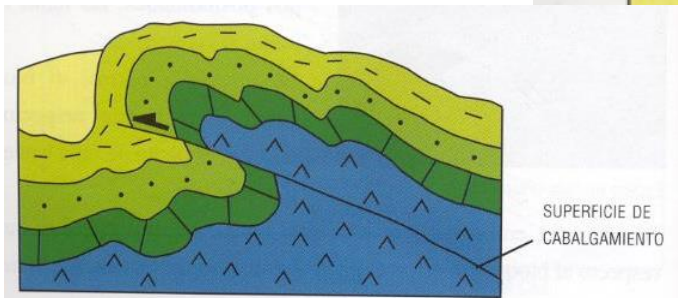
fig. 5. Formación de un cabalgamiento



FUTURO NIVEL DE DESPEGUE



SUPERFICIE DE CABALGAMIENTO



SUPERFICIE DE CABALGAMIENTO