



8. Deformación Dúctil: Foliaciones y lineaciones

Desarrollo

- Terminología
- Análisis estructural de la trama (S, L, LS)
- Estructuras planas secundarias:
 - Clasificación geométrica descriptiva (genérica).
 - Clasificación genética (según proceso de deformación involucrado).
 - Relación entre foliaciones y pliegues
- Estructuras lineares secundarias
 - Clasificaciones descriptiva y cinemática

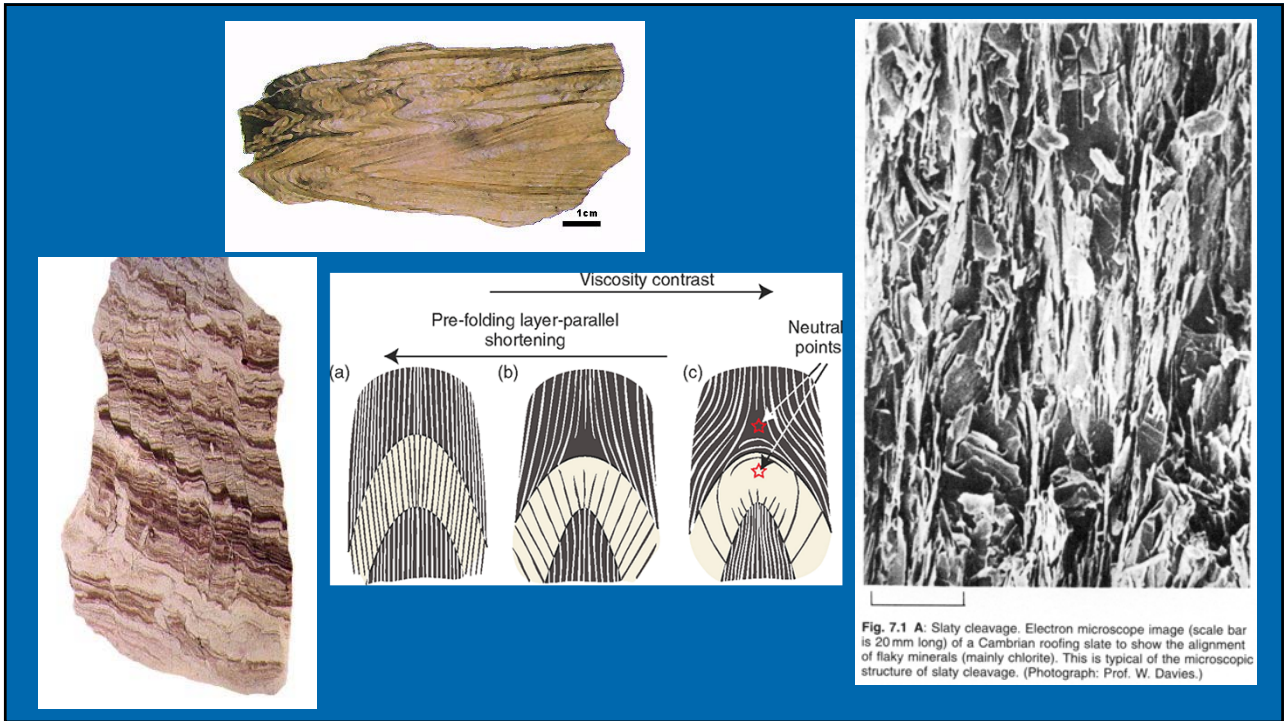


Fig. 7.1 A: Slaty cleavage. Electron microscope image (scale bar is 20 mm long) of a Cambrian roofing slate to show the alignment of flaky minerals (mainly chlorite). This is typical of the microscopic structure of slaty cleavage. (Photograph: Prof. W. Davies.)

Análisis estructural de la trama

Elementos de trama

- Todos los elementos geométricos y de orientación cristalográfica desde la escala macroscópica hasta la escala microscópica (*cf. Hobbs et al. 1976*)
- **Incluye:** (i) bandeado, (ii) foliación, (iii) lineación, y (iv) **trama microscópica**.

Trama microscópica

➤ Incluye:

- Orientación de forma (dimensional) de un agregado policristalino mono o polimineral (OPD).
 - Orientación crystalográfica (OPR).
 - Textura (relaciones de contacto entre minerales).
- OPD: relacionada con la **microestructura** (cf. IUGS).
- OPR: relacionada con la **textura** [metalúrgica].
- cf. Hobbs *et al.* [1976], Schmid *et al.* [1979], Knipe [1989], Law [1990]).

¿Para qué estudiamos la trama?

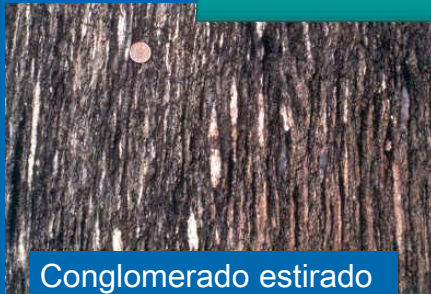
➤ Para obtener evidencias de los procesos de deformación:

- Comportamiento mecánico durante la deformación → **geodinámica**.
- Historia de la deformación → **cinemática**.
- Ambiente metamórfico → **condiciones P-T**.
- Anisotropía sísmica → **mecánica**.
- Influencia de los fluidos.
- Etc.

Tipos de trama

- **Trama S:**
 - Dominada por planos de foliación
- **Trama L:**
 - Dominada por lineaciones de agregado o minerales
- **Trama L-S:**
 - Dominada por una combinación de lineaciones de agregado en los planos de foliación

Estructuras lineares



Conglomerado estirado



Lineación de intersección



Rods de cuarzo



Foliaciones

Foliación

➤ Definición:

- Elementos planos secundarios que imparten una anisotropía mecánica a la roca sin pérdida aparente de cohesión.

➤ Cómo se forma:

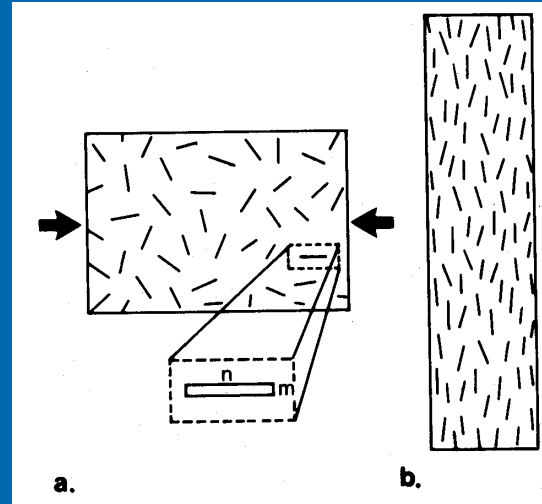
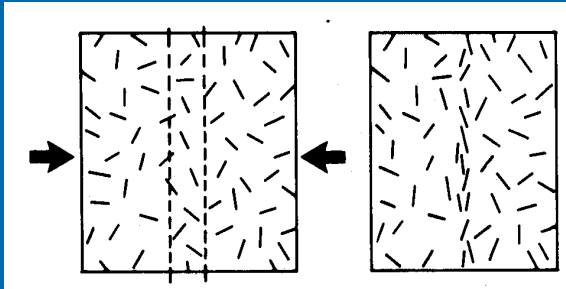
- Resulta del arreglo coherente y realineación de los constituyentes minerales en el proceso de deformación dúctil

➤ Desarrollo de dominios en rocas foliadas

- Dominios de clivaje o foliación
- Dominios de “microlitón”

¿Cómo se forma la foliación?

- Rotación mecánica
- Recristalización sintectónica
 - Presión - disolución
 - Microplegamiento
 - Fracturación hidráulica



Glosario

- **FOLIACION:** Término general utilizado para cualquier estructura planar penetrativa secundaria generada por mecanismos de deformación.
- **EXFOLIACION:** Desarrollo de un clivaje penetrativo paralelo en una roca por procesos tectónicos.
- **CLIVAJE:** Proviene del inglés y hace referencia a un plano de discontinuidad penetrativo paralelo producido por la fisilidad que tienen ciertas rocas.
- **ESQUISTOSIDAD:** Propiedad de las rocas esquistosas proveniente del término francés "*schistosité*". La esquistosidad es un término utilizado macroscópicamente para foliaciones secundarias de grano más grueso o planos de menor penetratividad relativa.
- **BANDEADO GNÉISICO** (e.g. **GNEISOSIDAD**): Es un término que caracteriza al bandeo composicional en capas más o menos micáceas de un gneis.

Desarrollo de foliación

- Fuertemente dependiente de la litología:
 - Limolitas - foliación pizarreño
 - Calizas - foliación 'espaciado' (o ausencia de foliación)
- Foliación y litología
- Foliación y trama inicial
- Refracción de clivaje.



Foliación pizarreña

- Trama de deformación en metacalcopelitas - metamargas sometidas a condiciones de metamorfismo de muy bajo grado.



Foliación refractada en sucesión multicapa



Metareniscas

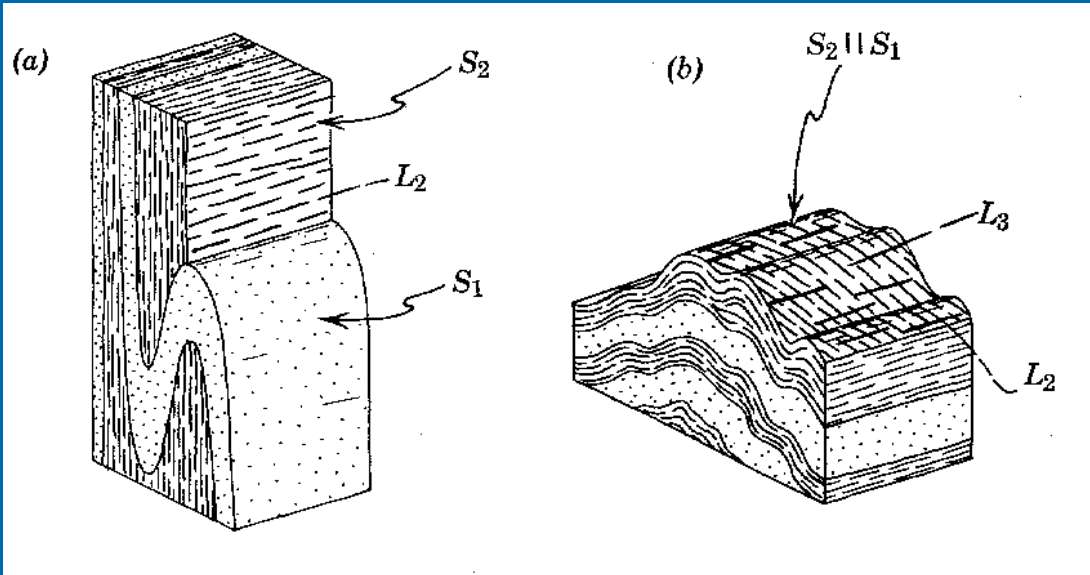


Metapelitas

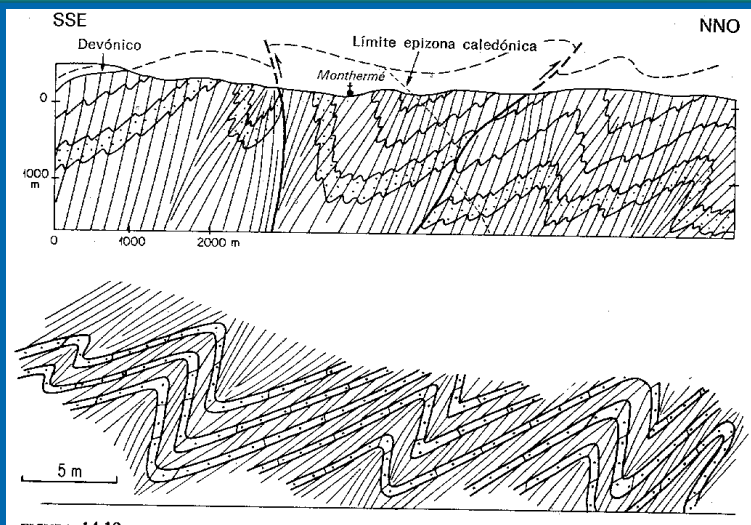
Foliación en dominios



Relaciones $S_0 - S_1 - S_2$



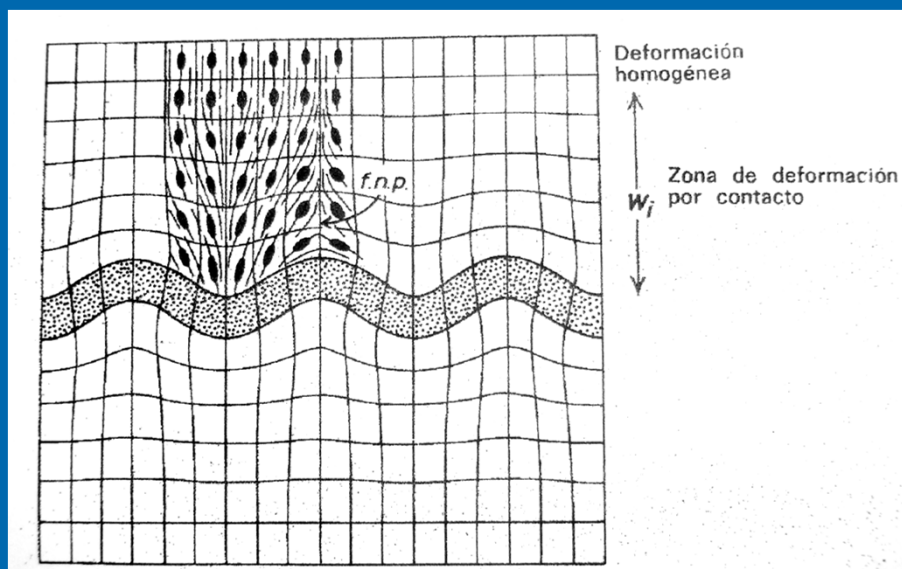
Pliegues con foliación: registro expuesto de orogénesis antiguas



Pliegues con foliación en abanico

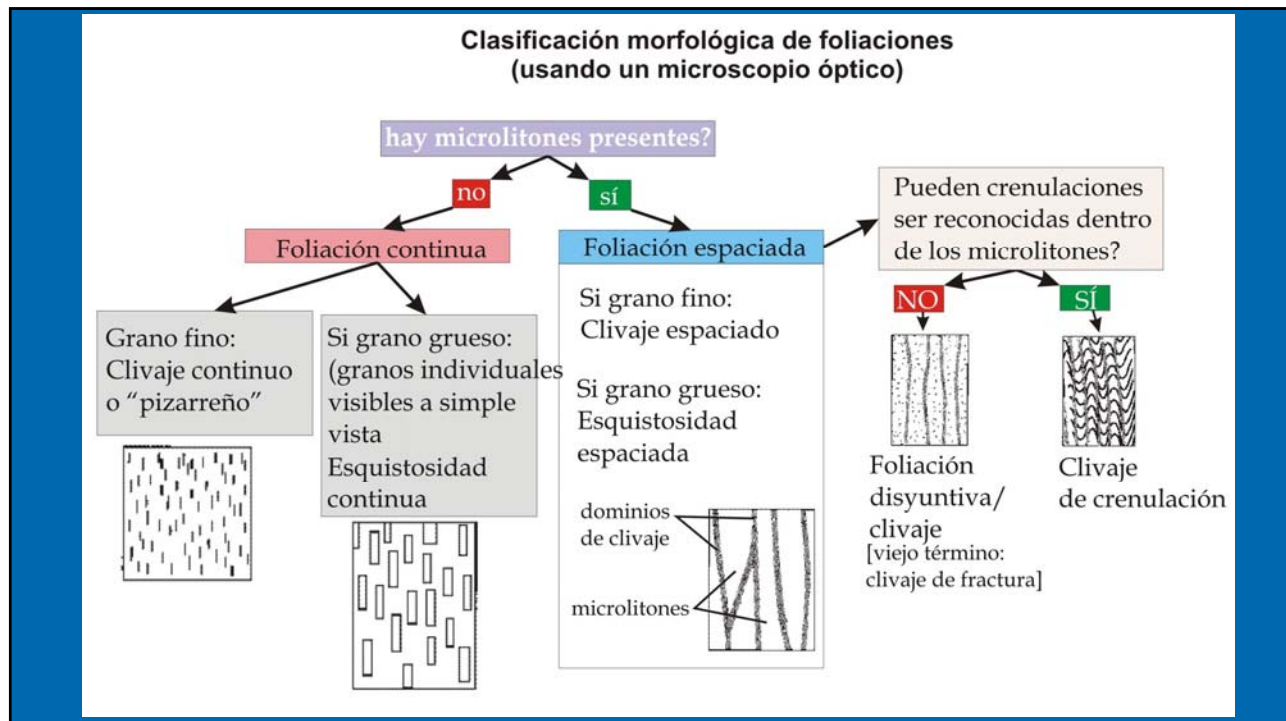


Deformación por contacto entre capas

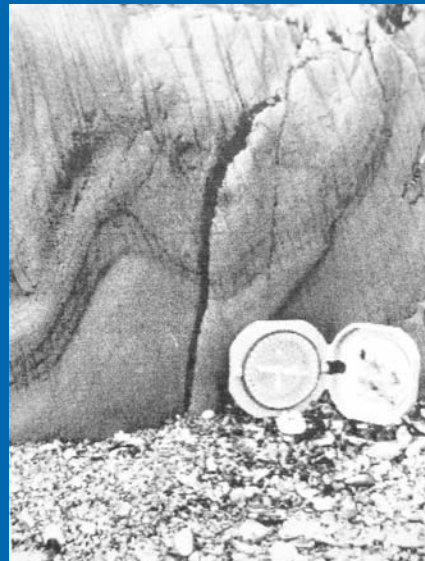
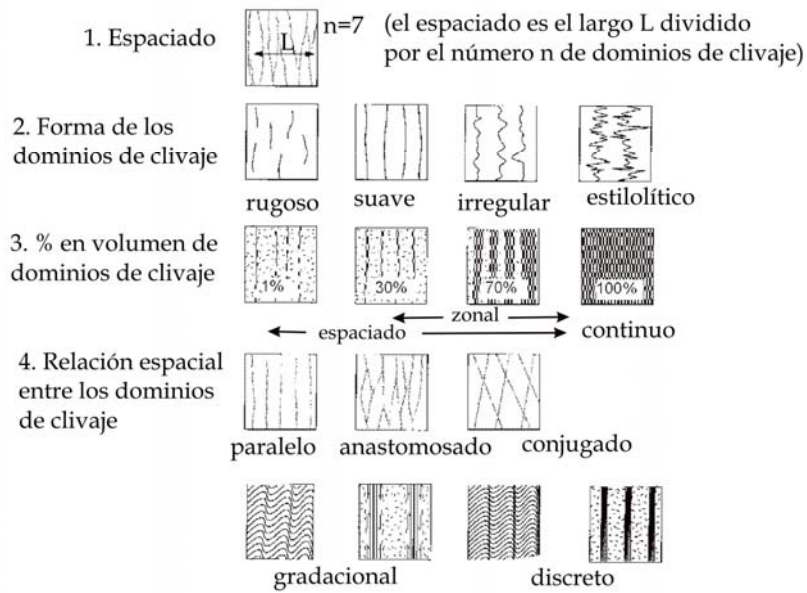


Tipos de foliación

- **Pizarreña (slaty-cleavage):**
 - Desarrollado en rocas de grano muy fino (pelitas) por compactación diagenética.
- **Foliación espaciada incipiente:**
 - Producto de deformación incipiente, genera *pencil-cleavage*.
- **Filitosa:**
 - Perlada, satinada, lustrosa a escamosa, desarrollado en rocas que inician recristalización metamórfica de micas.
- **Esquistosidad:**
 - Foliación desarrollada en rocas metamórficas bien recristalizadas, con tamaño de grano medio (en particular, en las micas).

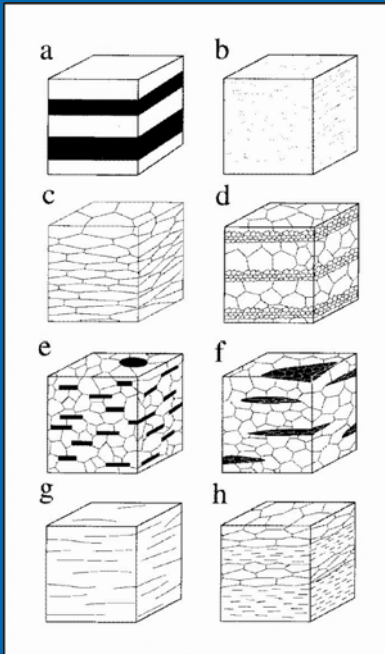


Criterios útiles para describir foliaciones espaciadas:



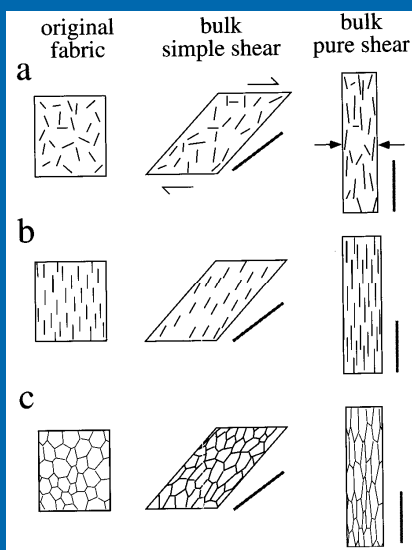
Foliación anastomosada cortando laminaciones sedimentarias (La Paloma, Uruguay).

Tipos de foliación



- a) Bandeado composicional
- b) Orientación preferente de minerales planos (e.g. Mica)
- c) Orientación preferente de granos deformados (e.g. Cuarzo, carbonatos).
- d) Bandeado por variación del tamaño de grano.
- e) Orientación preferente de minerales planos en una matriz sin orientación preferente (mica en cuarcita o gneis).
- f) Orientación preferente de agregados de granos lenticulares en una matriz sin OPD.
- g) Orientación preferente de fracturas.
- h) Combinación de elementos de trama a, b y c (comunes en rocas metamórficas).

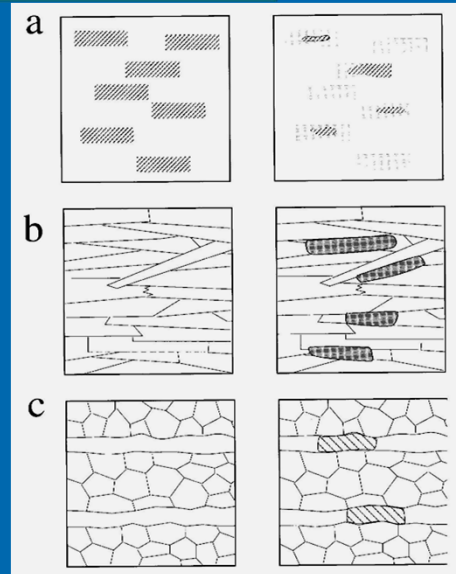
Desarrollo de foliación por deformación progresiva (cizalla simple + Cizalla pura)



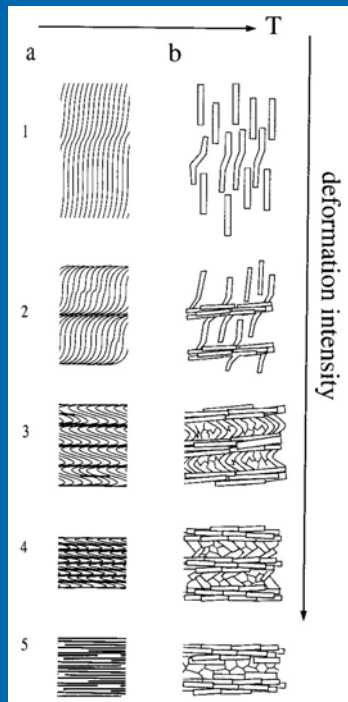
- a. Orientación inicial aleatoria de minerales alargados o planos.
- b. Orientación inicial preferente de minerales alargados o planos.
- c. Orientación inicial de fábrica de forma con granos isodiamétricos.

Foliación de recristalización

- a. Mimética por sustitución mineral.
- b. Controlada por anisotropía previa.
- c. Controlada por reacción metamórfica.

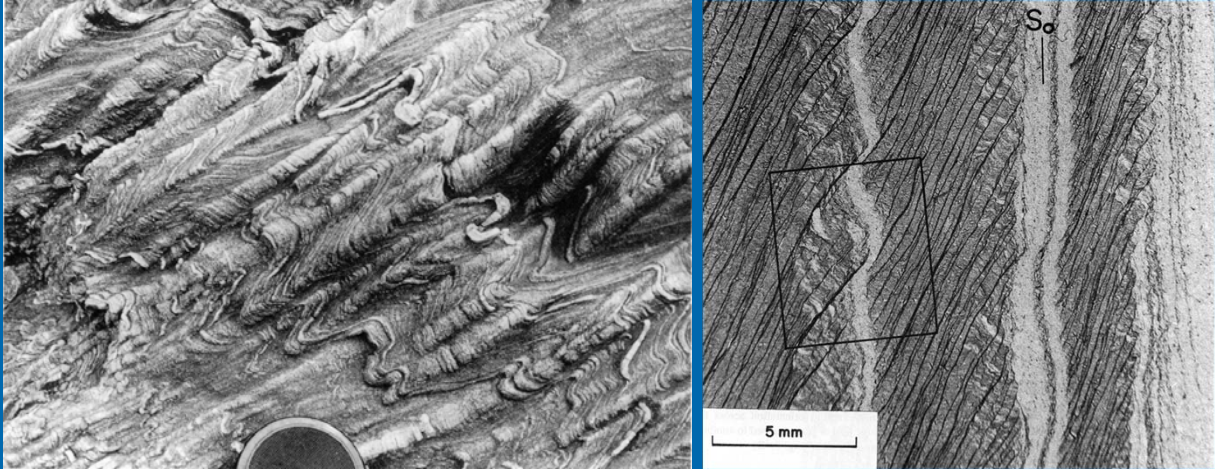


Mecanismo de crenulación

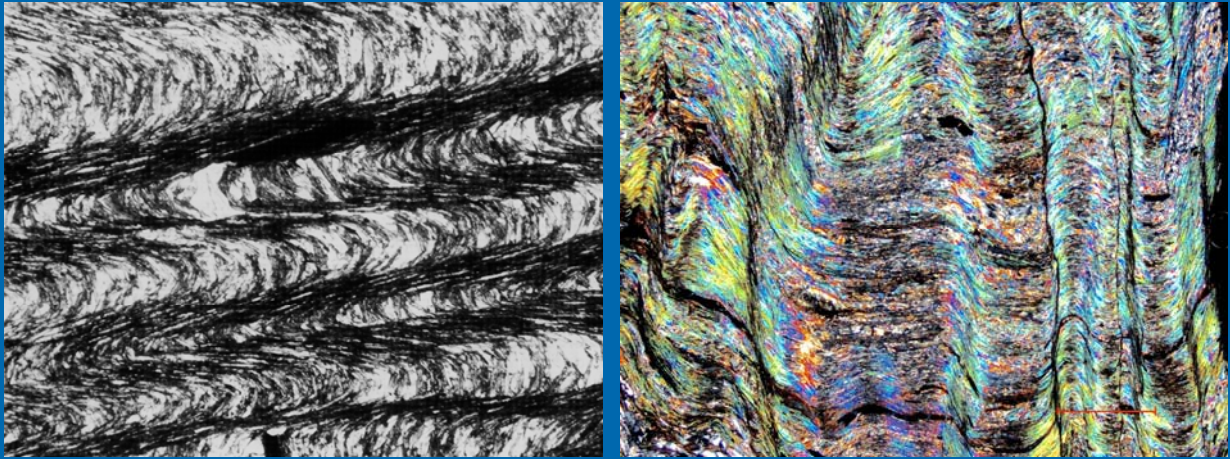


- Deformación progresiva (eje vertical) vs. temperatura (eje horizontal) (según Bell y Rubenach 1983).
- En bajas temperaturas (a) el mecanismo dominante es la diferenciación por transferencia / solución y rotación.
- En altas temperaturas (b) la recristalización y crecimiento de grano (incluyendo nuevos minerales) son probablemente dominantes.
- De 1 a 5 se observan graduales aumentos en la transposición de estructuras anteriores, lo que se observa por la disminución de foliación continua S1 y aumento de esquistosidad S2 con microlitones progresivamente transpuestos.

Clivaje de crenulación (S_0/S_1)



Microlitones



Transferencia / disolución

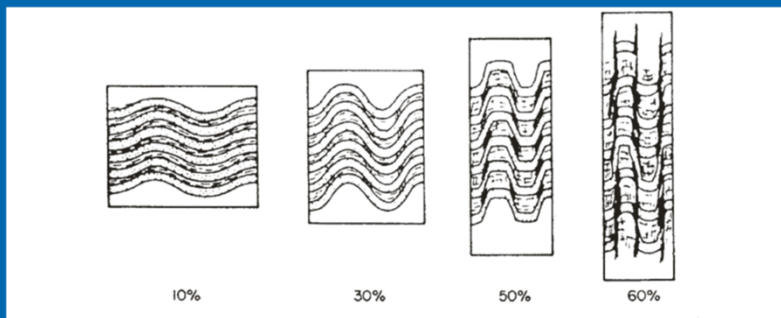
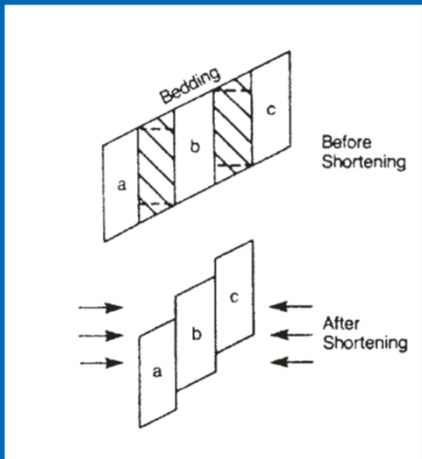
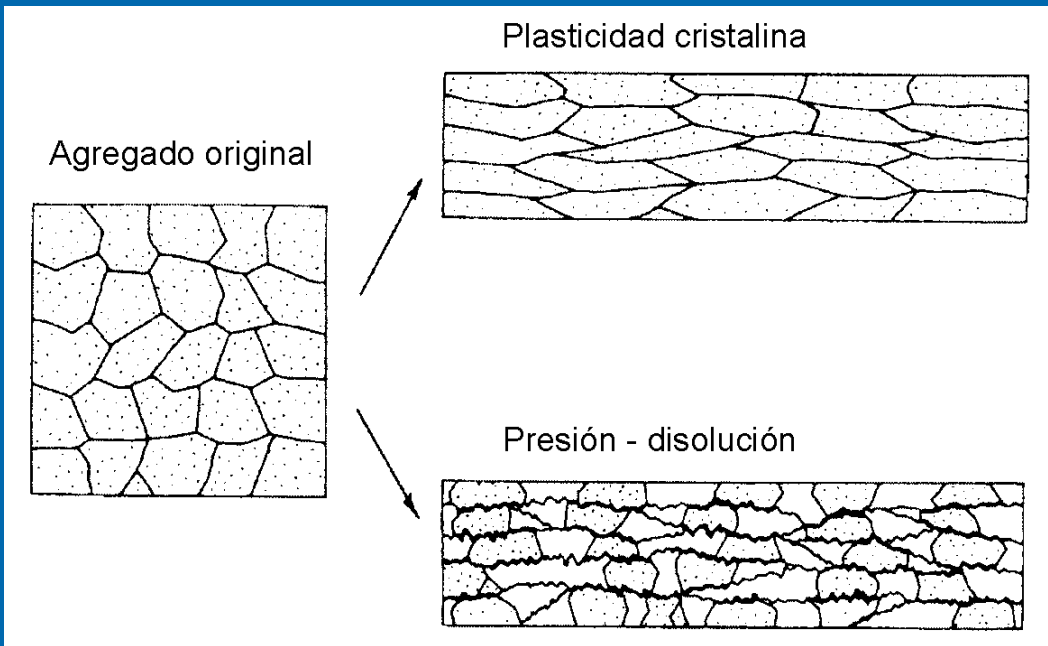
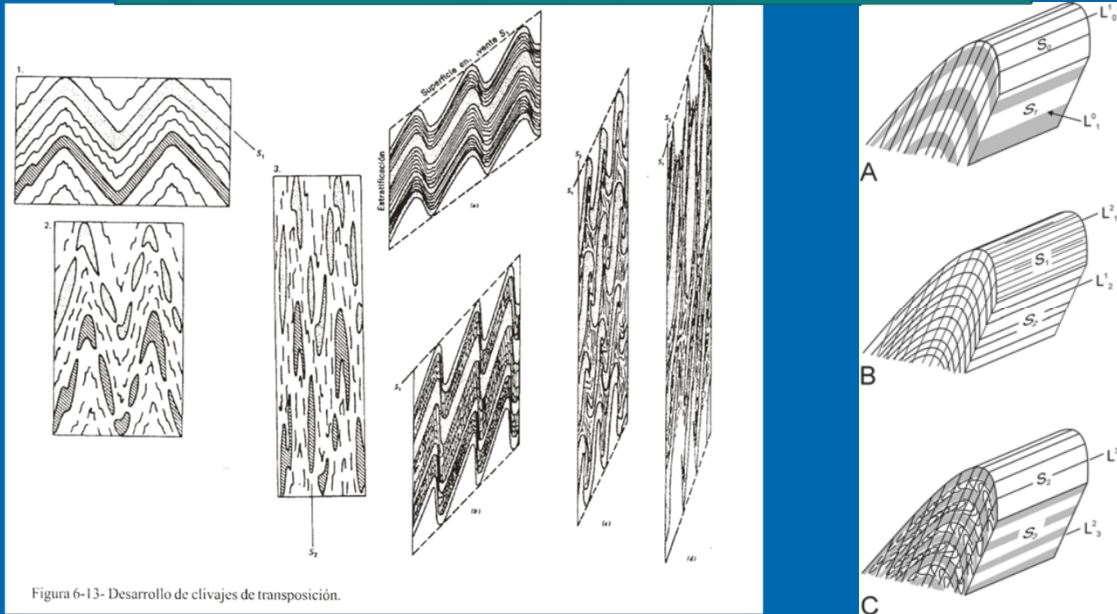


Figura 6-12- Desarrollo de un clivaje de crenulación con disolución de los flancos de los micropliegues. Se indica el porcentaje de acortamiento en cada estadio.

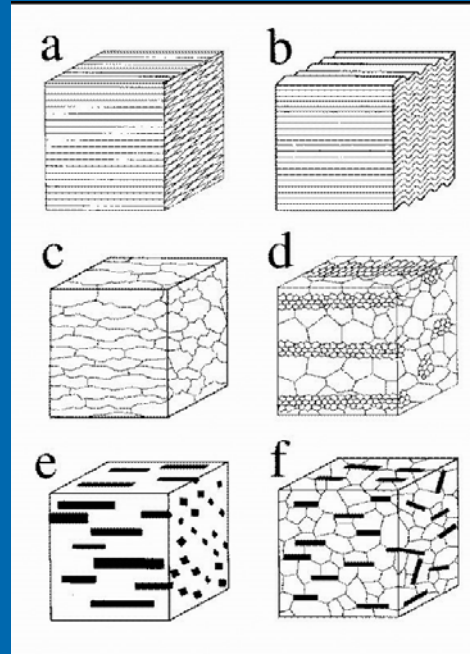


Desarrollo de clivaje de transposición

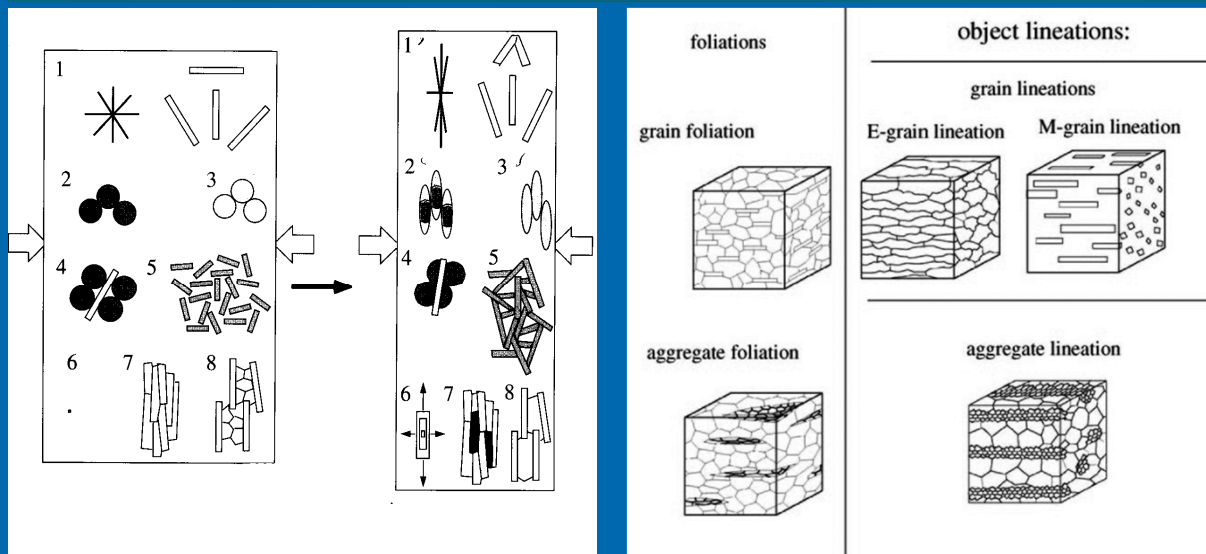


Lineaciones

- a) Lineación de intersección de dos estructuras planares.
- b) Lineación de crenulación.
- c) Lineación de estiramiento definida por granos deformados en constricción.
- d) Lineación de estiramiento definida por agregados de granos
- e) Lineación mineral definida por granos euédricos o subhédricos con una forma mineral alargada (e.g. Sillimanita, turmalina).
- f) Lineación mineral definida por granos minerales planares euédricos o subhédricos compartiendo un eje común.

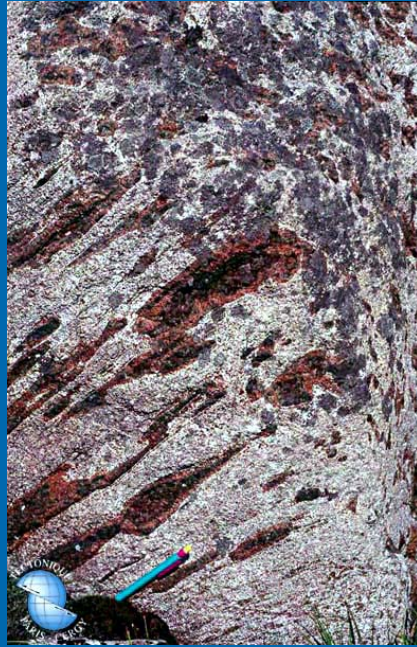


Elementos granulares y tipos de lineación



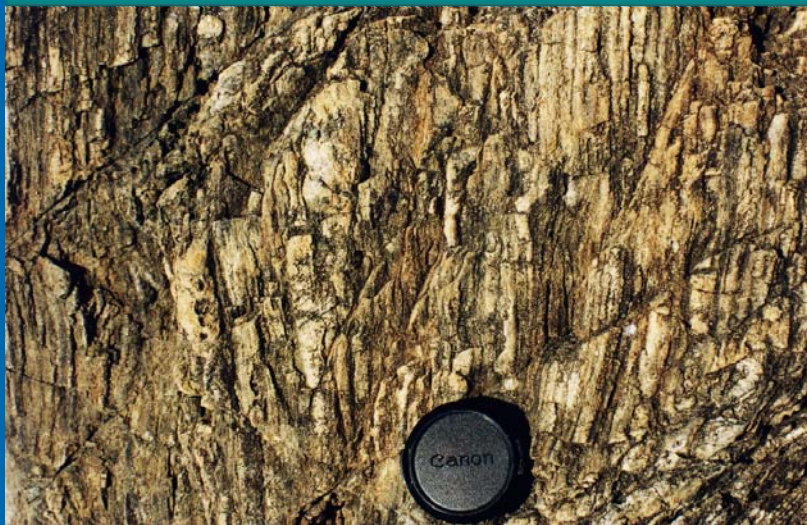


Cerro Bori, Rocha (Uruguay)



Bergen, Noruega

Nappe de gneises Punta del Este



Lineación de granos por estiramiento dúctil

Rod de cuarzo: Nappe granítica Carapé

