

MIGRACIÓN DE FLUIDOS

MIGRACIÓN DE FLUIDOS

- ▶ Cualquier hipótesis concerniente a la génesis mineral debe explicar la migración de grandes cantidades de fluidos mineralizantes que pueden ser magmas, soluciones acuosas o gases.
- ▶ En general la migración es controlada por las estructuras que determinan los caminos de permeabilidad, los cuales pueden saturar completamente las rocas circulando alrededor de los granos minerales y a través de ellos. El conocimiento sobre las vías seguidas por las soluciones mineralizantes y el modo de emplazamiento del mineral es fundamental para comprender las génesis de un yacimiento mineral.

GENERALIDADES.

▶ MEDIO

- PERMEABILIDAD
- POROSIDAD

▶ FLUIDO

- VISCOSIDAD
- DENSIDAD

▶ SOMERA

▶ PROFUNDA

CARACTERISTICAS DEL MEDIO

- ▶ PERMEABILIDAD
- ▶ POROSIDAD

CARACTERISTICAS DE LOS FLUIDOS

- ▶ VISCOSIDAD
- ▶ DENSIDAD

MIGRACION DE FLUIDOS EN PROFUNDIDAD

- ▶ Permeabilidad y la porosidad decrecen con la profundidad de enterramiento debido a la presión de las rocas suprayacentes y la acción cementante de aguas cargadas de minerales.
- ▶ Los fluidos mineralizantes generalmente se creen que se mueven alrededor de los bordes de los granos de los minerales y penetrándolos, a los cuales alteran y corroen, permitiendo a las soluciones posteriores pasar más rápidamente.
- ▶ Los fluidos sometidos a presión son capaces de fracturar y trabajar su camino a través de las rocas.

MIGRACION DE FLUIDOS EN PROFUNDIDAD

- ▶ El agua puede servir como lubricante a lo largo de las fracturas, tal teoría ayuda a explicar las zonas de cuarzo que se encuentran frecuentemente en los esquistos y pizarras supuestamente impermeables .
- ▶ La conclusión ineludible es que los fluidos mineralizantes son capaces de moverse a través de las rocas más densas abriéndose paso alrededor de los límites de grano

EXPERIMENTOS PARA EXPLICAR LA MIGRACION EN PROFUNDIDADES

- ▶ Maxwell y Verrall calentaron muestras de mármol, calizas y travertino a altas presiones de confinamiento, tratamiento que desarrollo aparentemente una expansión permanente y aumento la permeabilidad.
- ▶ Brown sugiere que los sulfuros metálicos son volatilizados directos del magma y que no se requiera para su transporte ni vapor de agua ni líquido alguno, no ha sido del todo aceptada. Krauskopf ha mostrado que una teoría basada estrictamente sobre la volatilidad, fracasa para explicar el transporte mineral, ya que los metales tienen una volatilidad muy baja. Sin embargo, los fluidos bajo altas temperaturas y presiones pueden transportar iones metálicos y operar a través de aberturas muy diminutas.

Klinkenberg determino que las proporciones de flujo de los gases son ligeramente más altas que la de los líquidos, la proporción de flujo de gas a través de la roca no es inversamente proporcional a la viscosidad como es el caso de los líquidos, formulando la teoría del deslizamiento: si se tiene un gas que fluye a lo largo de una pared sólida, la capa de gas próxima a la superficie, esta en movimiento con respecto a la superficie, es decir se desliza.

OTROS

- ▶ El maclado mecánico y el “kinking” son dos mecanismos de deformación menos agresivos que la cataclasis y el deslizamiento friccional. La deformación se produce por flexión de la red cristalina, no por rotura.

Existen tres tipos de creep y tienen un origen distinto, aunque en los tres casos se produce un cambio en la forma y el tamaño de los cristales en respuesta a la actuación de esfuerzos dirigidos.

- ▶ El creep por difusión cambia la forma y el tamaño de los cristales por el movimiento de átomos y vacancias en el interior de los cristales y a lo largo de los bordes de grano.
- ▶ El creep por disolución cambia la forma y el tamaño de los cristales por disolución y reprecipitación de material, ayudado por la presencia de fluidos en los bordes de grano o en los poros de la roca. Este tipo de creep también se denomina *disolución por presión*.
- ▶ El creep por dislocación, que es el mecanismo de deformación por excelencia, opera por deslizamiento intracristalino (movimiento de dislocaciones) de la red de los minerales.

DIFUSION

- ▶ Los geólogos económicos definen la difusión como un movimiento espontáneo de partículas de tamaño molecular o iónico que causa que una sustancia llegue a ser uniformemente entremezcladas con otra. El agua que se mueve a través de los poros de una roca no se considera como difusión, mientras que la difusión de los iones de cobre en todo el agua si se considera difusión.

DIFUSION

- ▶ La difusión se realiza de una imperfección estructural a otra o en el caso de posiciones vacantes en la red cristalina, por la migración de huecos, por ejemplo un ion adyacente se instala en la vacante y deja un hueco atrás. Alrededor de los cien o doscientos grados del punto de fusión, la difusión a través de un cristal sufre un aumento realmente considerable.

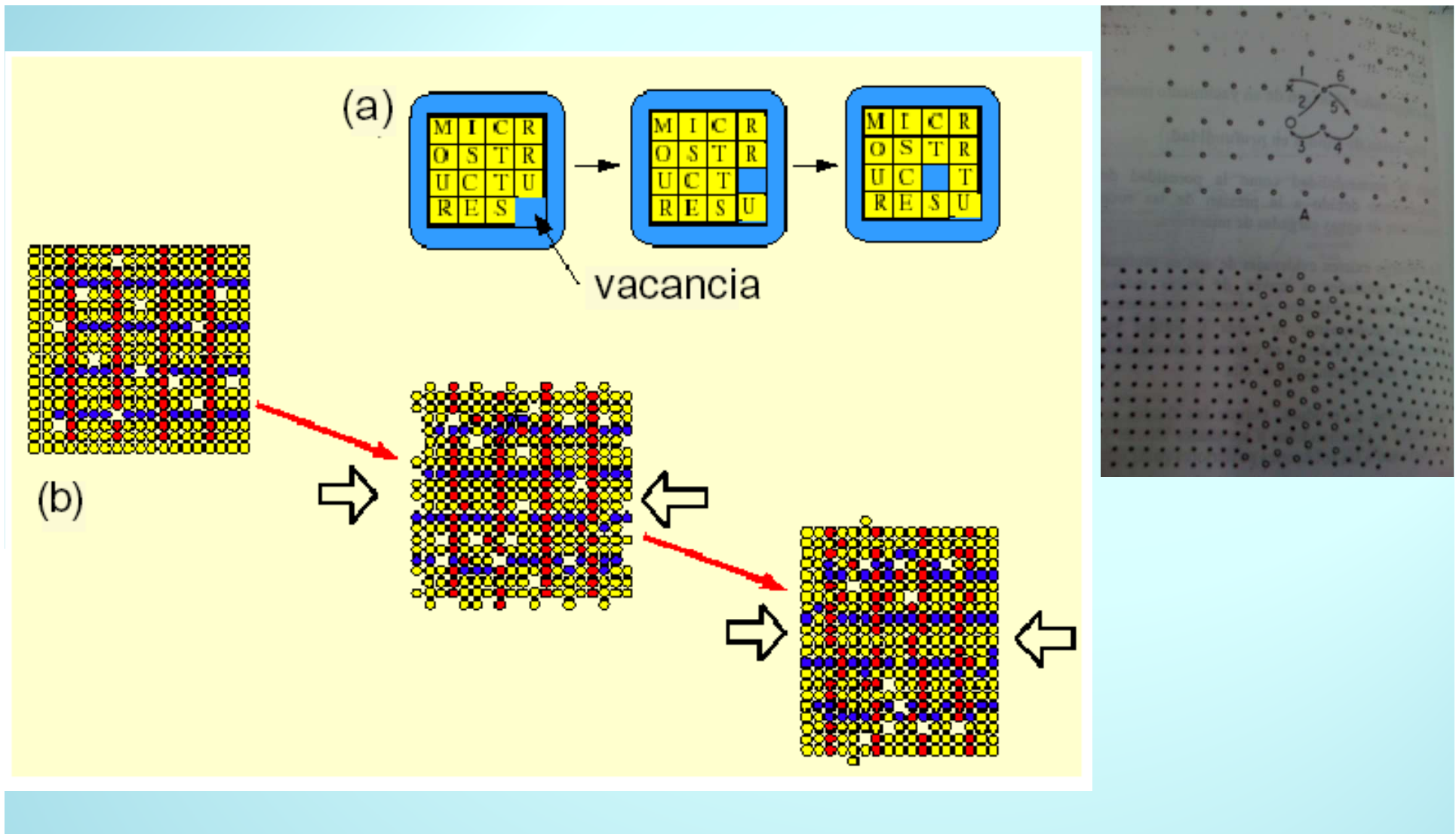


Figura 5.28. (a) el principio del movimiento de las vacancias por la red cristalina. Aunque realmente los que se mueven son los átomos (fichas con letras), el proceso se puede ver como el desplazamiento de un hueco (la vacancia) por el tablero. (b) Acortamiento horizontal de un cristal por desplazamiento de vacancias. El movimiento de los átomos por difusión hace que las vacancias cambien de posición, lo que puede interpretarse como el movimiento de las propias vacancias. El resultado final es el acortamiento de la red cristalina en la dirección de aplicación del esfuerzo (esquema final). Tomado de Passchier y Trouw, 1998, pág. 30.

DIFUSION

- ▶ La difusión es proporcional al gradiente de concentración, es decir, al cambio de concentración con la distancia y a un coeficiente de difusión, el cual es constante para cada tipo de material huésped.
- ▶ Garrels y Howland concluyeron que los fluidos mineralizantes deben ser transportados a lo largo de pequeñas fracturas muy próximas, pero que la difusión a ambos lados de una grieta explicara fácilmente cualquier yacimiento mineral masivo en un tiempo geológico razonable.

DIFUSION

Lograron calcular que incluso aunque en condiciones cercas de la superficie (en donde muchos geólogos están poco de acuerdo con la difusión) que la difusión de la galena a través de caliza fue por lo menos 300 veces mas efectiva que si fuera por flujo forzado, incluso si la difusión se supone que tiene lugar a 100 °C solamente y que el flujo forzado da un gradiente de presión superior al de un medio geológico razonable

- ▶ *Los nutrientes deben difundirse hacia el núcleo a través del medio en el que el cristal está creciendo.* Un cristal no puede crecer a menos que los iones necesarios para su ensamblaje sean capaces de moverse hacia él. En las soluciones y los fundidos más simples los iones son completamente libres de difundirse hacia los cristales en crecimiento pero en los magmas de viscosidad elevada, en los sólidos amorfos y en las rocas metamórficas no.
- ▶ En particular, en las rocas metamórficas los minerales que no están en equilibrio deben reaccionar primero para que los elementos queden libres para difundirse hacia los puntos de nucleación de los nuevos minerales. Luego, la difusión se produce sobre todo aprovechando los bordes de grano, por el mecanismo de transferencia en disolución.

EXOLUCION

- ▶ La exolución es un proceso por el cual una fase que admite solución sólida entre dos miembros extremos se desmezcla en dos fases independientes al disminuir la temperatura y la fase minoritaria queda englobada en forma de “inclusiones” dentro de la fase mayoritaria (el cristal anfitrión).

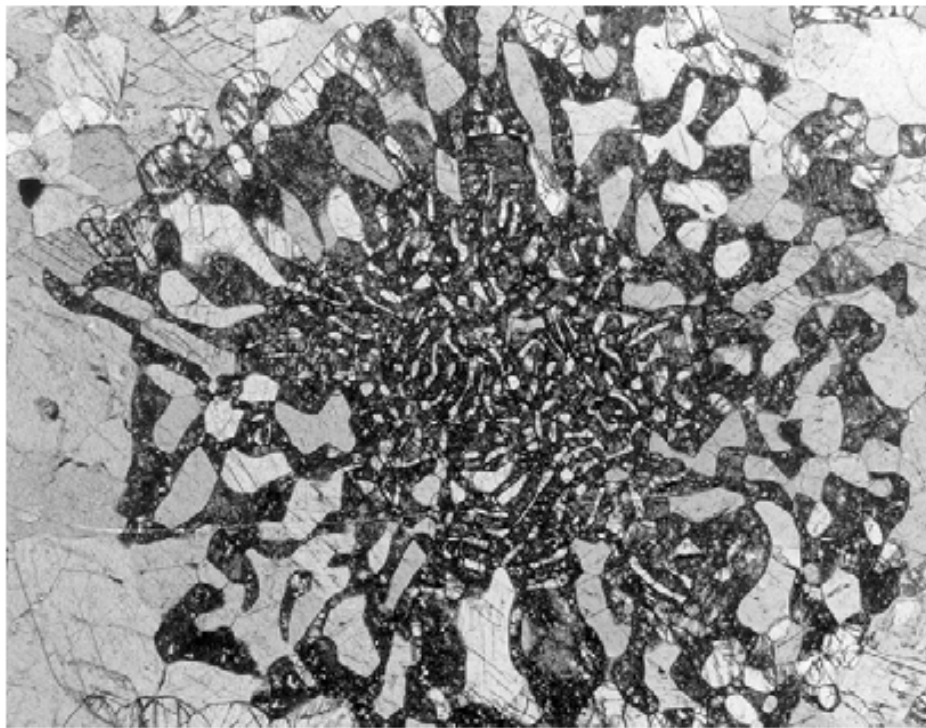


Figura 5.6. Simplectita de ortopiroxeno-plagioclase por retrogresión de un porfidoblasto de granate, del que todavía se conserva su contorno idiomorfo. El ortopiroxeno aparece en negro y la plagioclase en gris en esta fotografía en nícoles paralelos. Tomado de Passchier y Trouw (1998), pág. 192.

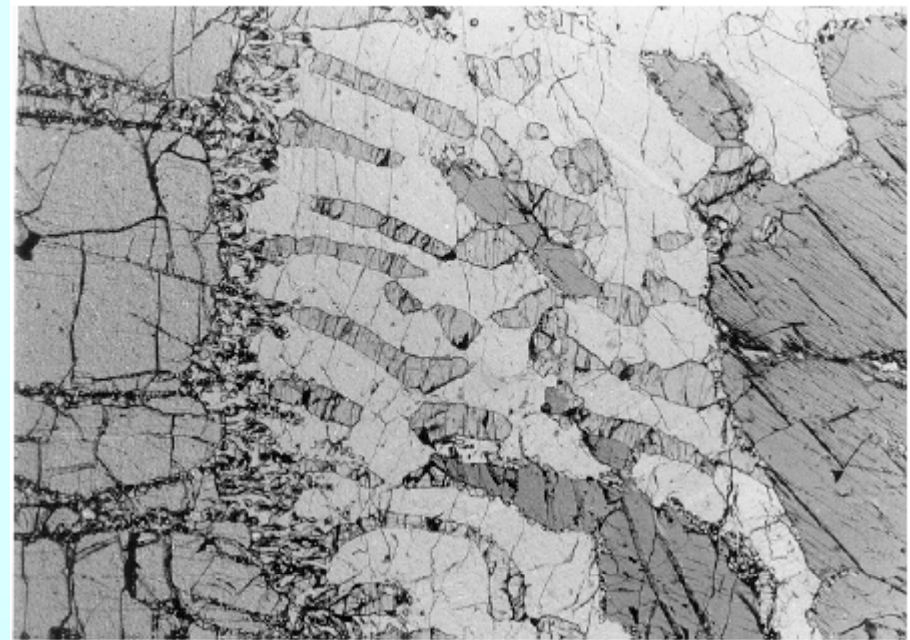


Figura 5.7. Borde quelifítico entre un cristal de hornblenda (derecha) y otro de granate (izquierda). Se han desarrollado dos simplectitas: una de tamaño de grano grueso, que ocupa casi todo el espacio entre la hornblenda y el granate, compuesta de plagioclase (blanca, relieve bajo) y ortopiroxeno (gris, relieve alto), y otra de tamaño de grano fino, en contacto con el cristal de granate de la izquierda, formada por plagioclase, ortopiroxeno y espinela. En ambas simplectitas la disposición de los cristales de las fases que forman los intercrecimientos es perpendicular al borde de reacción (que es aproximadamente vertical en la figura). Tomado de Passchier y Trouw (1998), pág. 190.

Migración de metales en el estado coloidal

- ▶ Un sistema coloidal consta de dos fases una de las cuales (la fase dispersa) se difunde en otra (medio de dispersión). El tamaño de las partículas coloidales varían entre aquellas de solución verdadera y las de suspensión grosera estando los límites entre 10^{-7} y 10^{-3} centímetros, el material coloidal puede estar en los 3 estados y puede ser dispersado en cualquiera de los 3 estados, pero el transporte del mineral viene dado con sólidos dispersos en un medio líquido o posiblemente gaseoso

MIGRACION DE FLUIDOS A PROFUNDIDADES SOMERAS

- ▶ El carácter del fluido, especialmente su viscosidad y densidad, la naturaleza del medio por donde circula, especialmente su porosidad y permeabilidad, la presión hidráulica o presión líquida. El estudio puede ser complejo dependiendo de la cantidad de material en solución, de la presencia o no de gases, del carácter y homogeneidad de las rocas invadidas, de la estructura geológica y de la temperatura y presión de los fluidos.

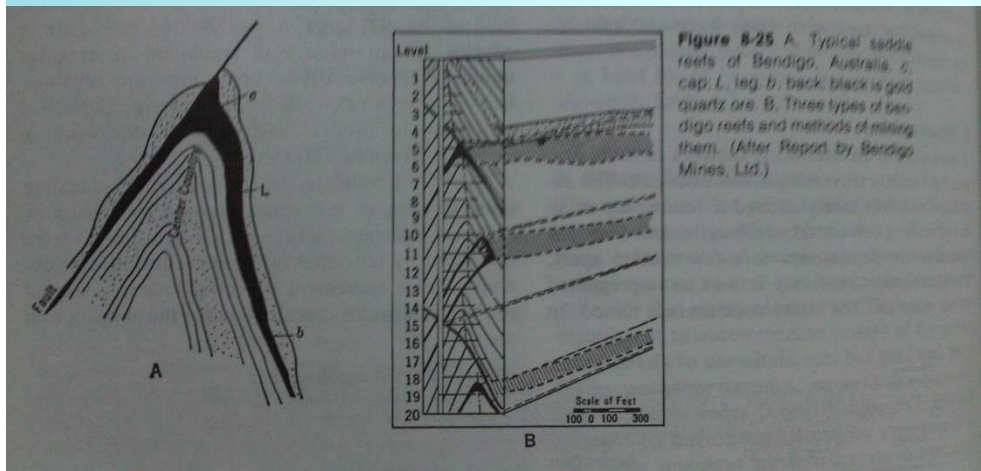


Figure 8-25 A. Typical saddle reefs of Bendigo, Australia. c, cap; L, leg; b, back; black is gold quartz ore. B. Three types of bendigo reefs and methods of mining them. (After Report by Bendigo Mines, Ltd.)

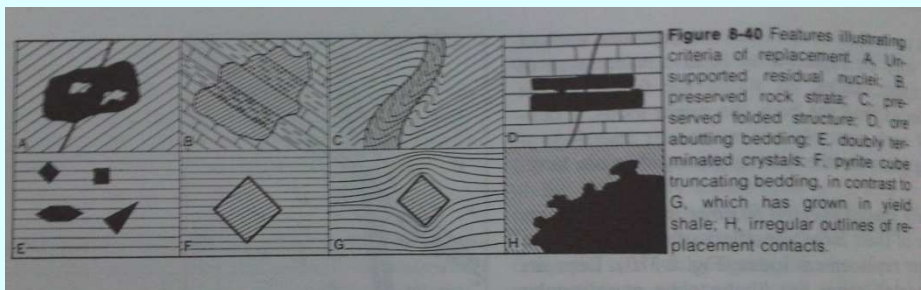


Figure 8-40 Features illustrating criteria of replacement. A, Un-supported residual nuclei; B, preserved rock strata; C, preserved folded structure; D, ore abutting bedding; E, doubly terminated crystals; F, pyrite cube truncating bedding, in contrast to G, which has grown in yield shale; H, irregular outlines of replacement contacts.

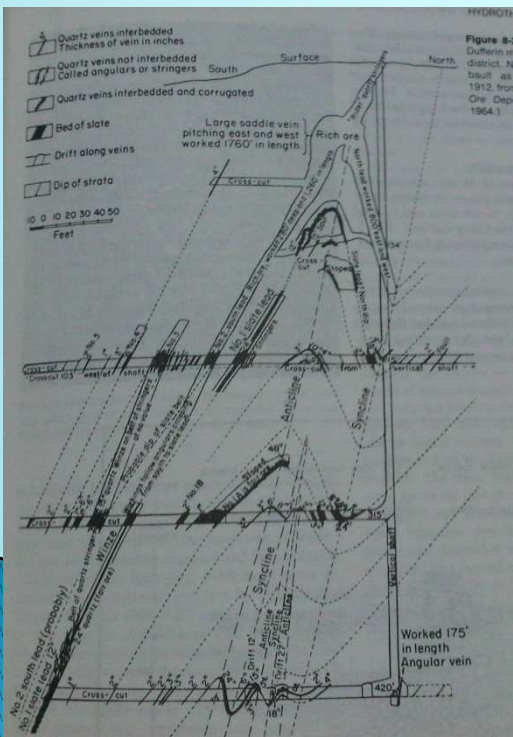


Figure 8-4 Dufferin district, N. B. built as 1912, from Ore. Dep. 1964.)

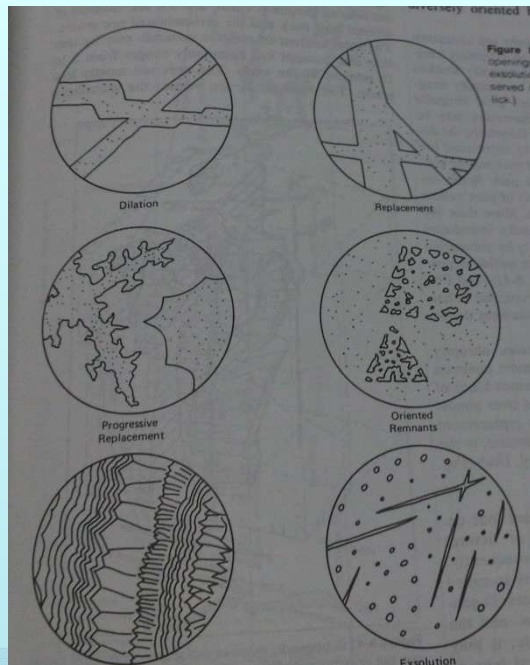
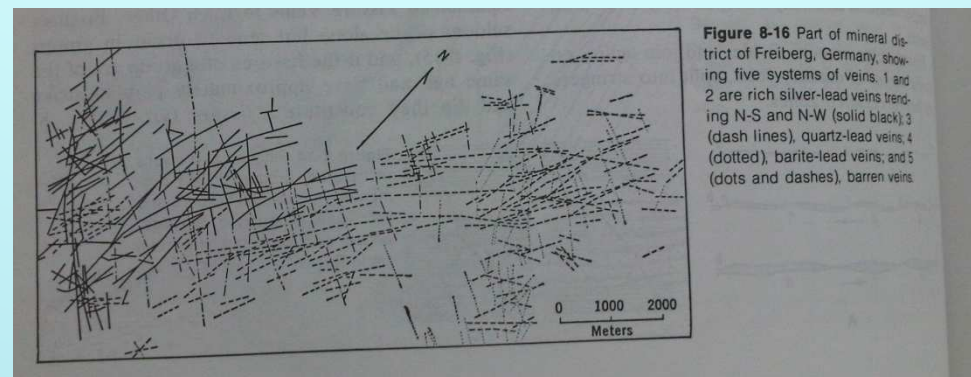
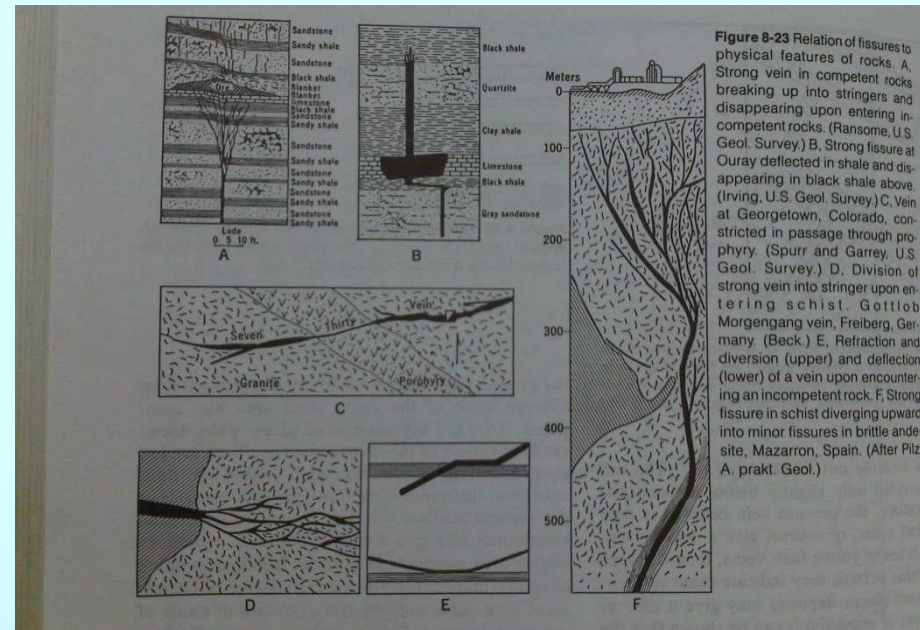
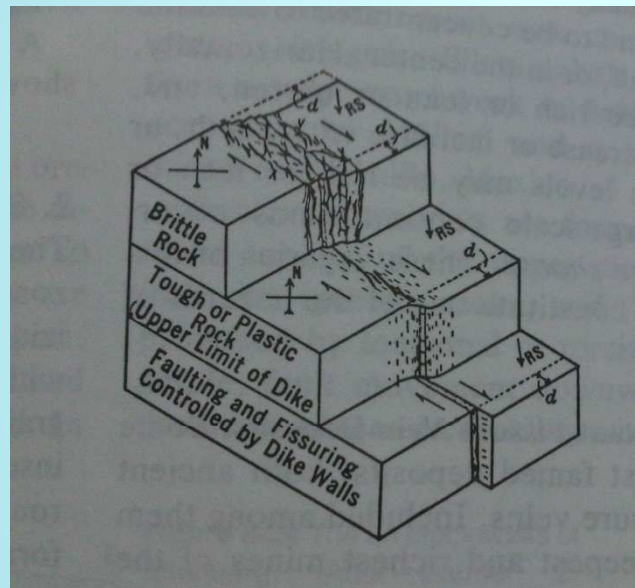


Figure 8-6 openings and/or voids served a lock.)



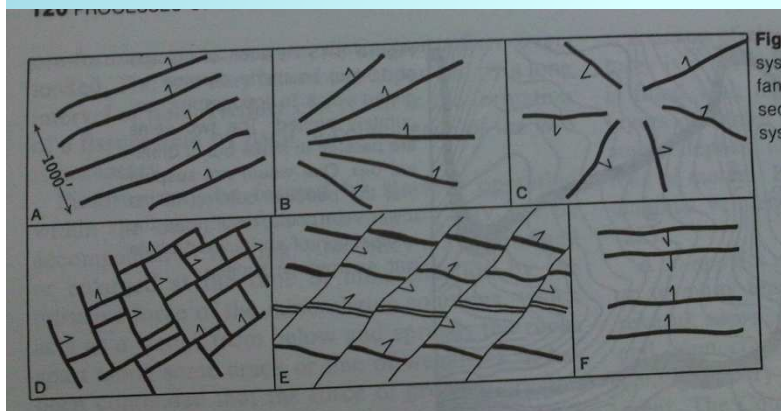


Fig
syst
fan-
sec
syst

S DEL

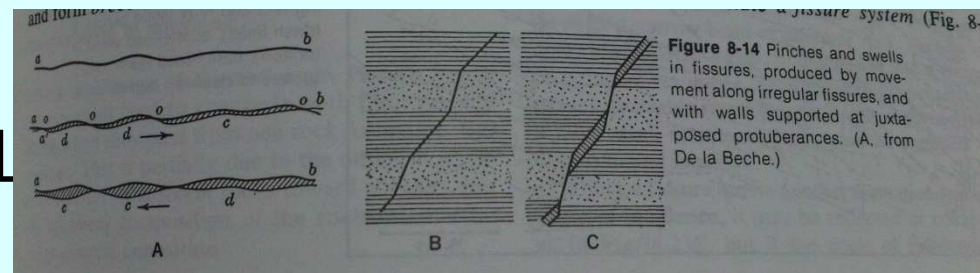


Figure 8-14 Pinches and swells in fissures, produced by movement along irregular fissures, and with walls supported at juxtaposed protuberances. (A, from De la Beche.)

a few centimeters to several tens of meters

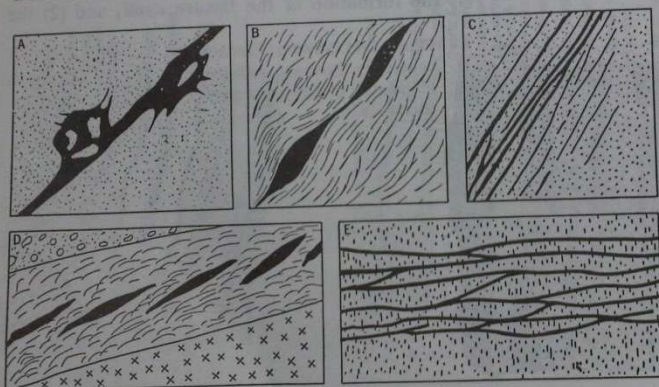


Figure 8-12 Varieties of fissure veins. A, Chambered vein (after Becker); B, dilation veins in schist; C, sheeted vein, Cripple Creek, Colorado; D, en echelon veins in schist; and E, linked vein.

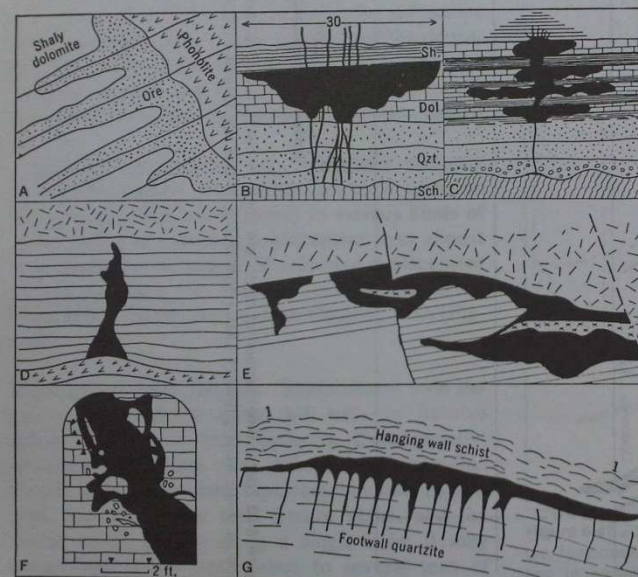
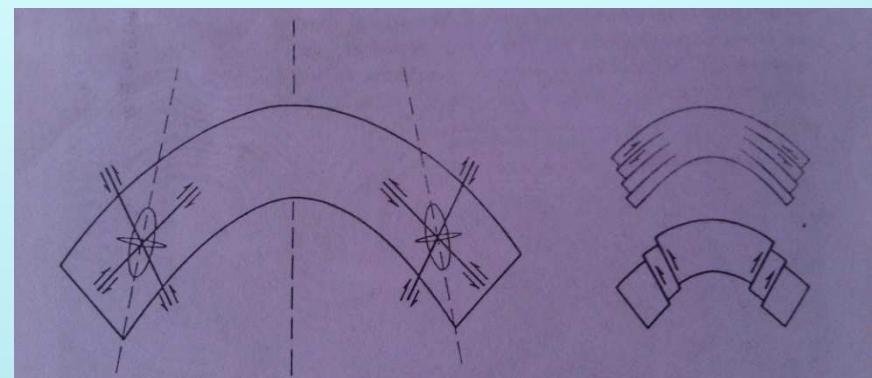
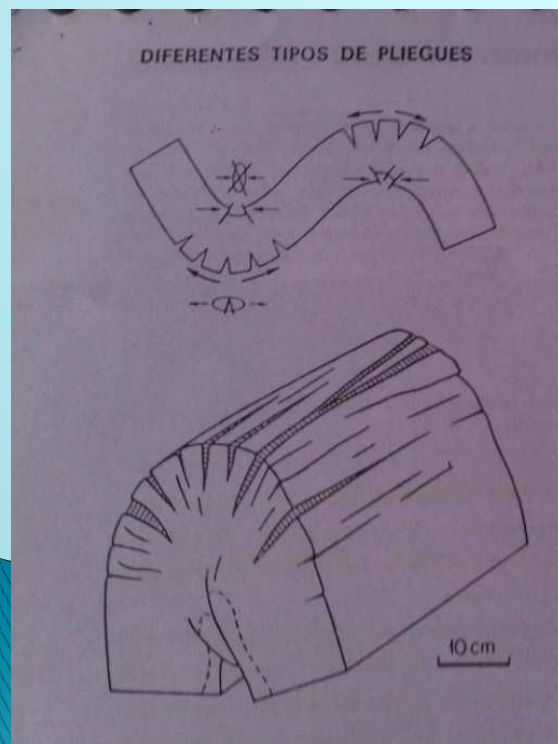
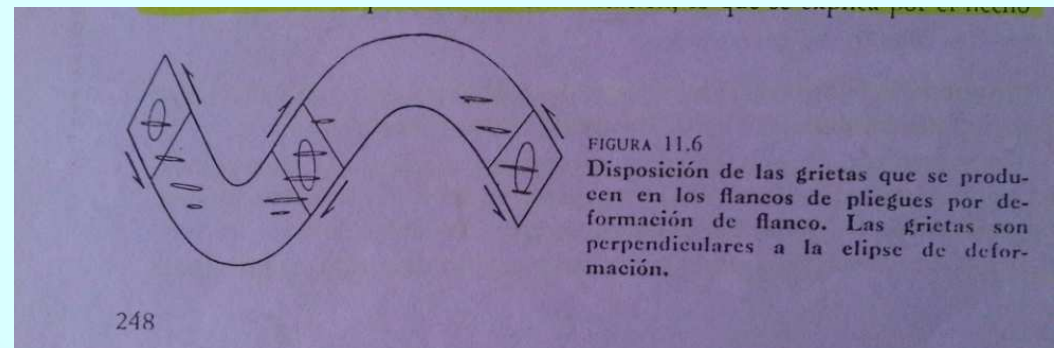
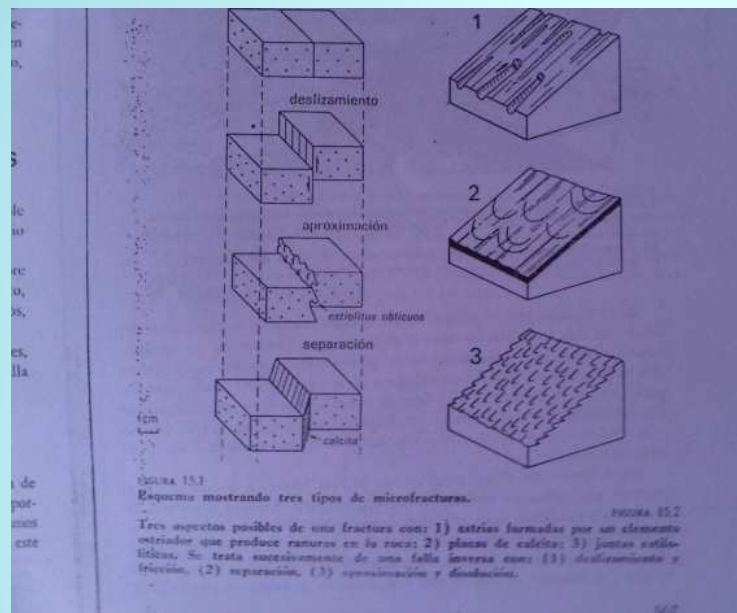
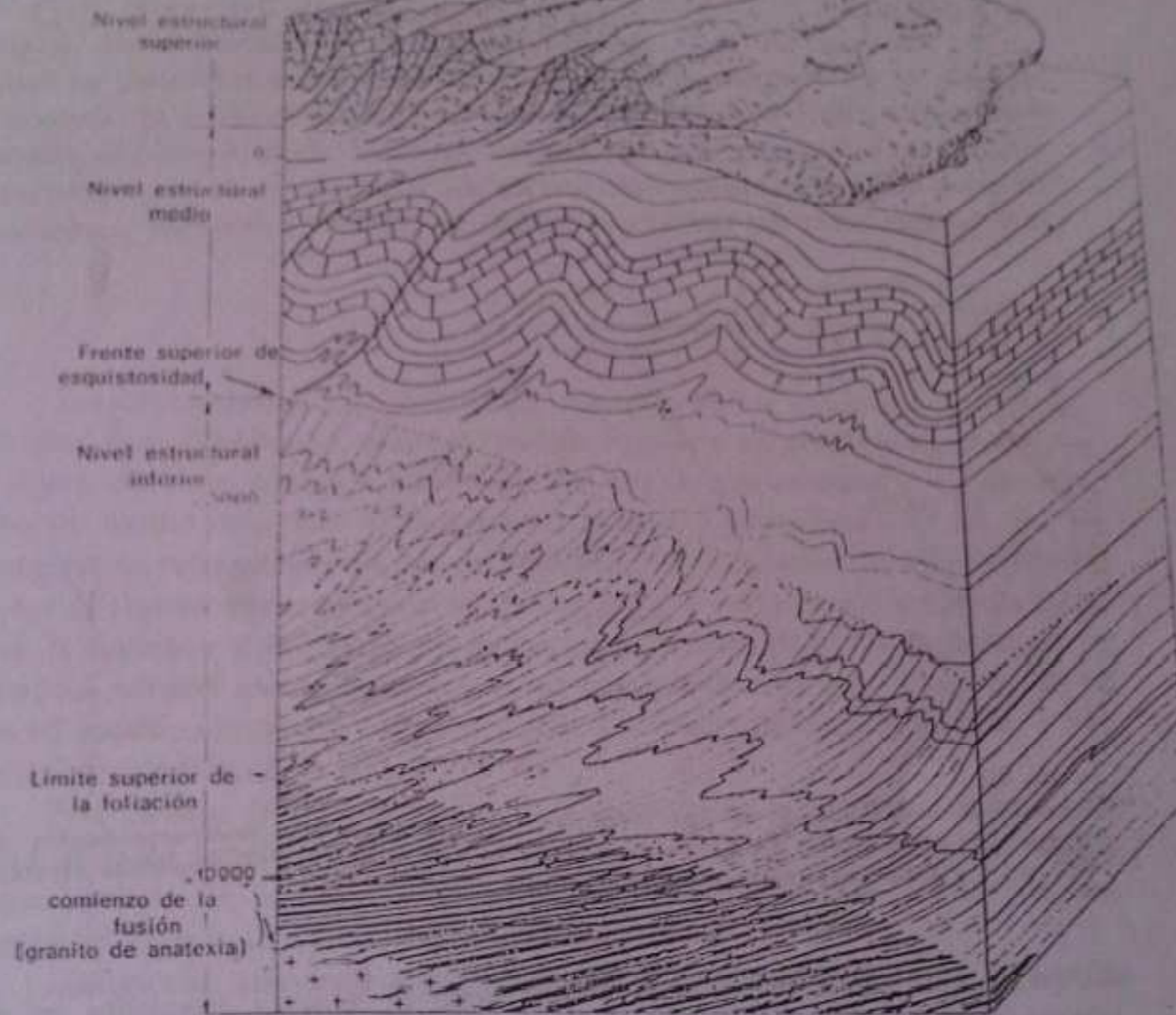


Figure 8-44 Forms of replacement deposits. A, Along fissures and where phonolite dammed solutions, Mineral Farm, Black Hills, South Dakota (after Irving); B, ore restricted below shale and abutting dolomite bedding, Union mine, South Dakota (after Irving); C, Portland mine, South Dakota (after Irving); D and E, cross and longitudinal sections of Iron Hill, Leadville, Colorado (after Irving); F, sketch of replacement vein, Jumbo mine, Kennecott, Alaska; G, relation of ore to fissures in quartzite and to overlying schist, Ferris Haggarty mine, Encampment, Wyoming. (After Spencer, U.S. Geol. Survey.)





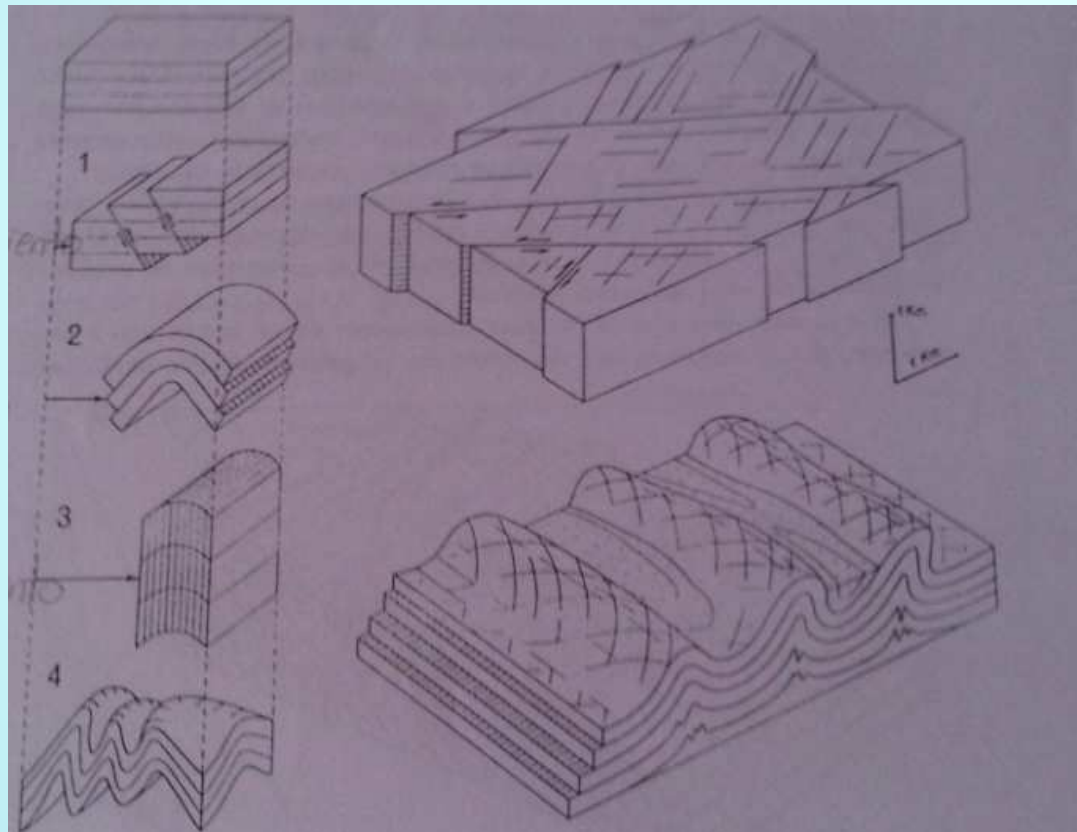


FIGURA 9.2

Esquema ilustrando los diferentes mecanismos de la deformación.

1) Cizallamiento; 2) flexión; 3) aplanamiento; 4) flujo.

Obsérvese que el acortamiento varía según los mecanismos; es máximo con el aplanamiento y nulo con el flujo.

FIGURA 9.3

Dos aspectos de la deformación de una parte de terrenos. Arriba: por fallas

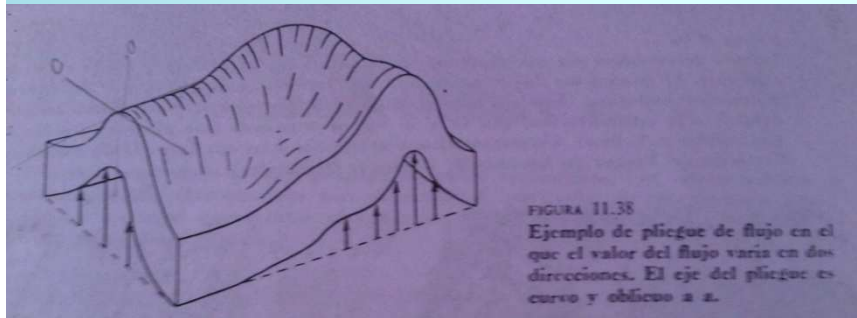
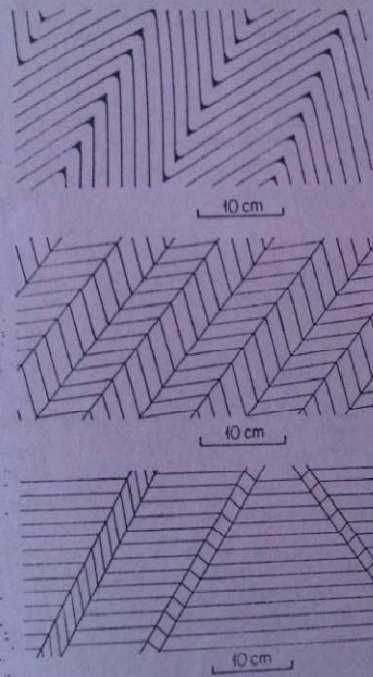


FIGURA 11.38
Ejemplo de pliegue de flujo en el que el valor del flujo varía en dos direcciones. El eje del pliegue es curvo y oblicuo a α .

El tamaño de los pliegues en chevron no es ya que pueden alcanzar al menos hasta la escala siempre es muy anisótropo.

FIGURA 11.49
Ejemplos de Knicks o Kink-bands, de pliegues chevron.



pueden. La esquistosidad se amolda a los flancos del pliegue; toma una forma en abanico.

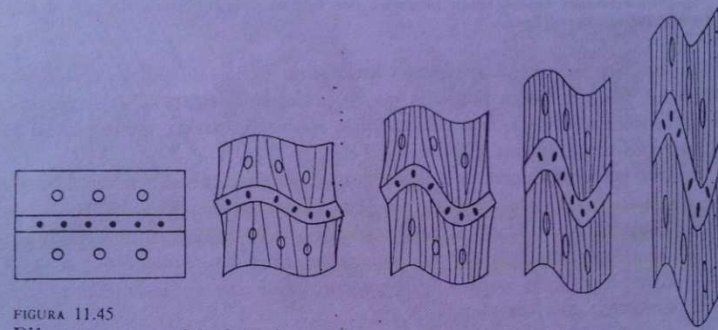
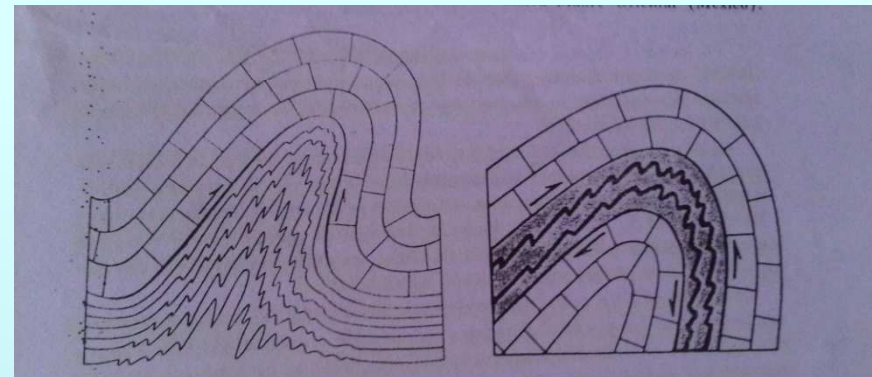
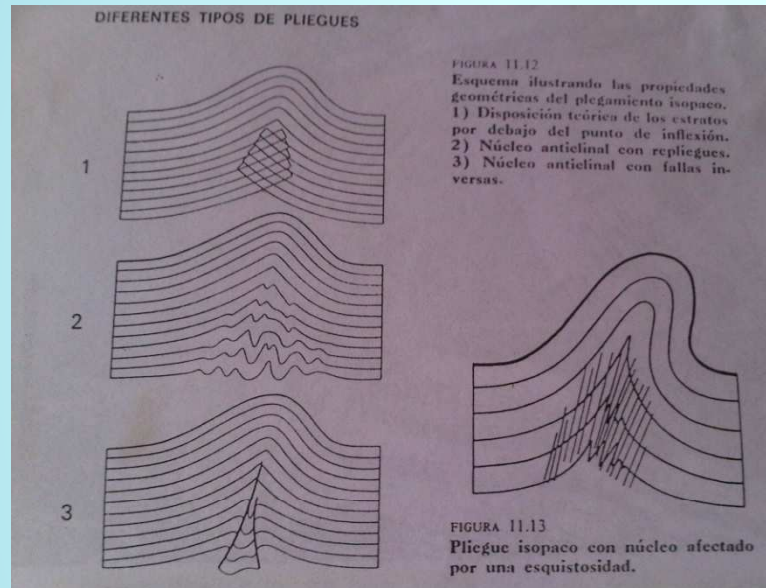


FIGURA 11.45
Diferentes etapas del plegamiento de una serie heterogénea, formada por un estrato competente intercalado en una serie con viscosidad mucho menor. Esta sufre un aplanamiento desde el primer momento; por el contrario, el estrato competente se pliega primeramente por flexión (etapas 1 y 2), luego por flexión y aplanamiento. Según Ramsay (1967); véase también Dieterich (1969).



MIGRACION DEL MAGMA

- ▶ ¿Cómo se mueve el magma a través de las rocas?
- ▶ Se mueven y generalmente a áreas mas superficiales y de menor presión.
- ▶ Los magmas contienen gases sometidos a presión y una disminución de ella permitirá que los gases se expandan. Tanto el proceso de expansión como la disminución resultante en su peso específico hace que los magmas se muevan hacia arriba.

MIGRACION DEL MAGMA

- ▶ Además los esfuerzos tectónicos pueden introducir al magma o fracciones de diferenciados magmáticos en rocas suprayacentes o adyacentes.
- ▶ El magma puede ser inyectado en las rocas o forzar su camino entre los estratos rocosos o a través de diferentes discontinuidades de rocas. Es difícil pensar otro mecanismo de emplazamiento para la mayoría de sill y diques.
- ▶ Se piensa también que algunos magmas se movían por medio de la disolución. Probablemente los bloques se hunden en la cámara magmática y son asimilados en la profundidad

MIGRACION DEL MAGMA

- ▶ Parece probable que la mayoría de los magmas minerales se mueven en profundidad después de la diferenciación y que posteriormente las presiones tectónicas dirigidas hacen que sean inyectados en las rocas adyacentes o suprayacentes.

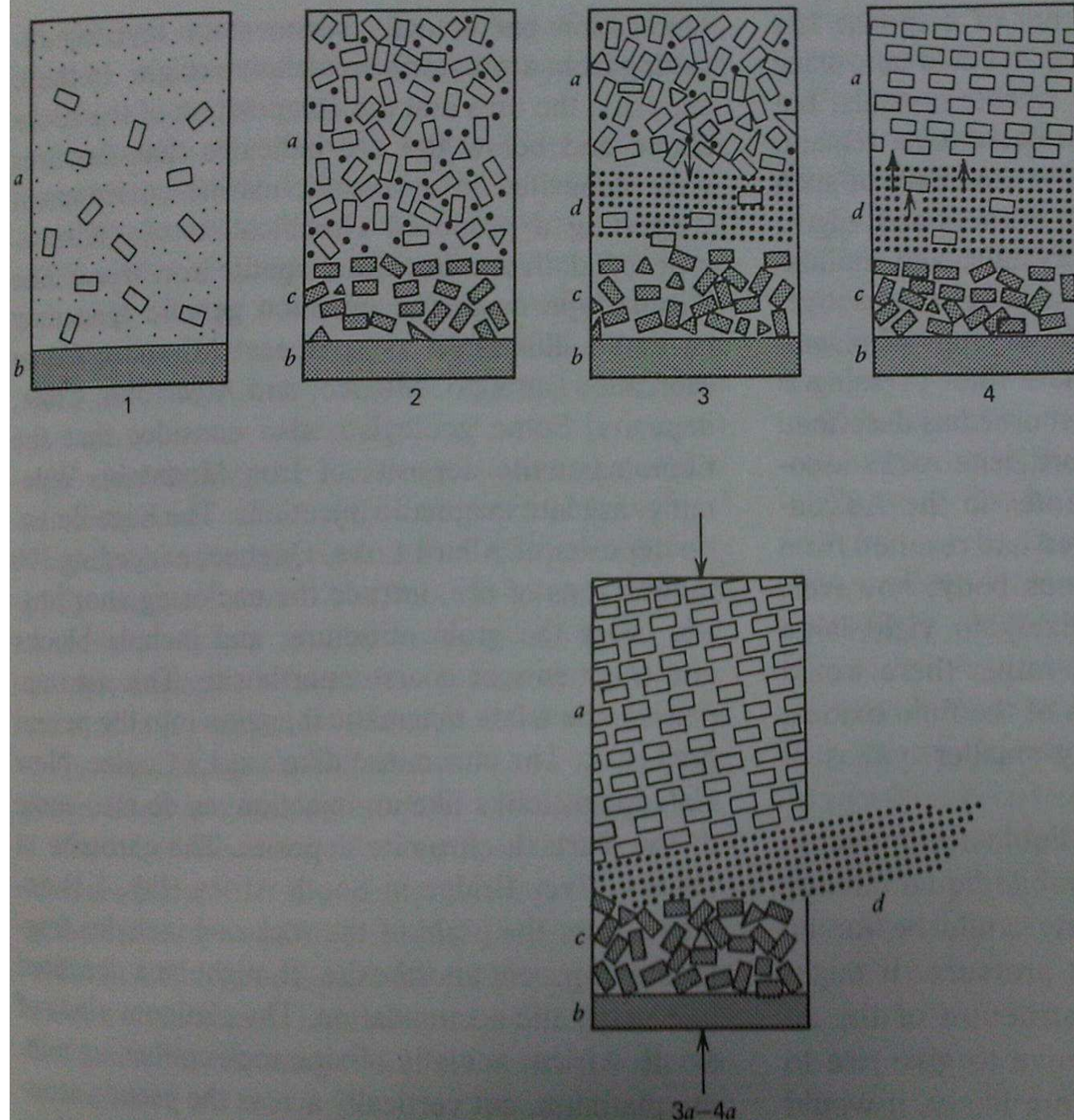


Figure 5-5 Idealized diagrammatic representation of late gravitative liquid accumulation. 1, Early stage of crystallization of basic magma *a*, after formation of chill zone *b*; 2, layer of sunken early-formed ferromagnesian crystals *c*, resting on chill zone *b*, with mesh of later silicate crystals above, whose interstices are occupied by residual magma enriched in ore oxides; 3, mobile, oxide-rich, residual liquid draining down to layer *d*, and floating up later silicate crystals; 4, formation of concordant oxide ore body in which a few late silicate crystals are trapped as mobile, enriched gravitative accumulation *d* squeezed out or decanted to form the magmatic injections.

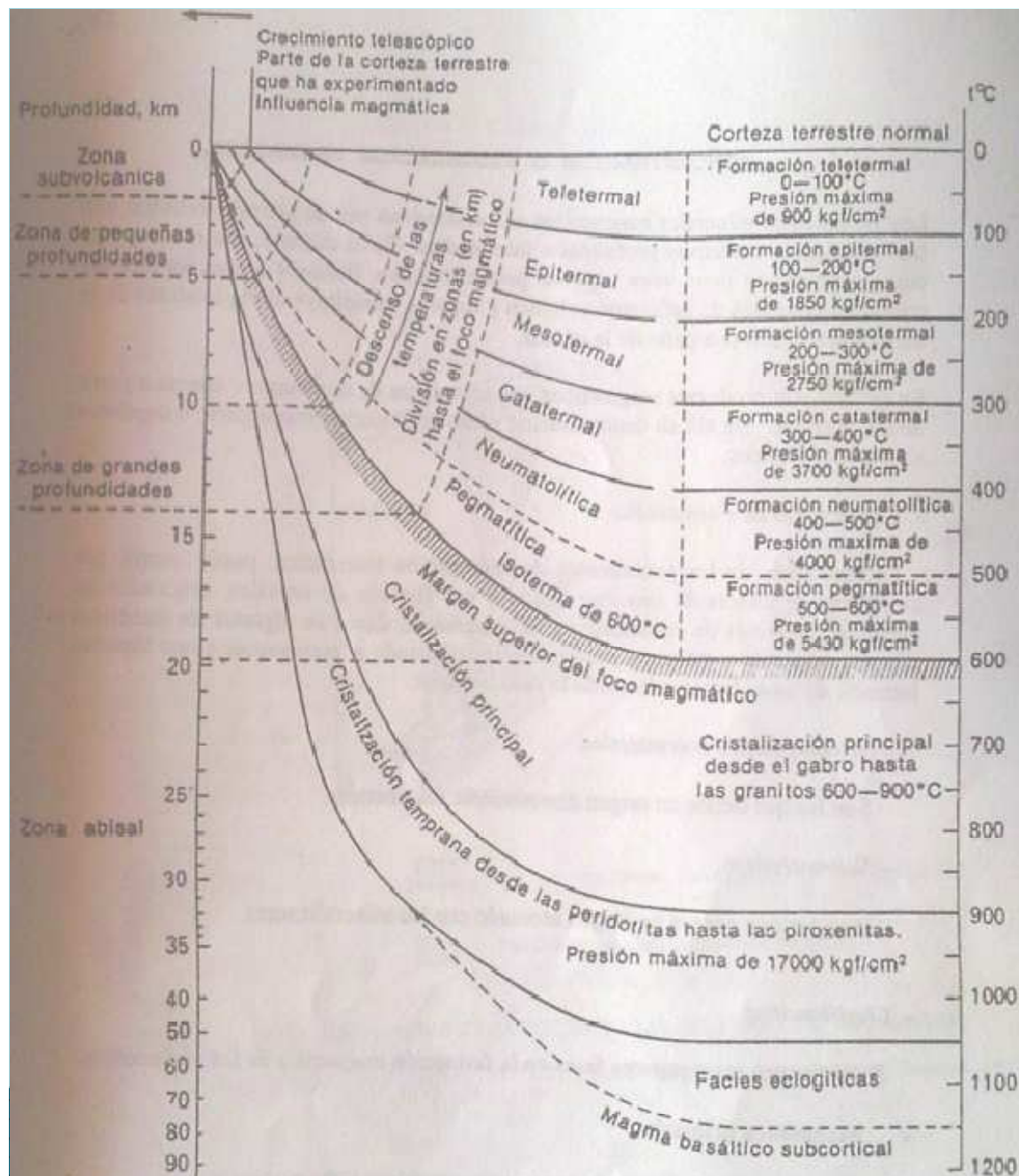


Diagrama de la subdivisión zonal de la corteza terrestre. Según H. Borchert