

FORMACION DE YACIMIENTOS

¿COMO SE FORMA UN YACIMIENTO?

Se pueden reconocer cuatro estados en la formación de Yacimientos Minerales:

1. Origen y caracteres de los Fluidos Mineralizantes.
2. Origen de los constituyentes de Mena.
3. Migración de los Fluidos mineralizantes.
4. Modo de Deposición.

FLUIDOS MINERALIZANTES

Todos los procesos mineralizantes están asociados al movimiento de Fluidos tanto Física, Mecánica y Químicamente. Bien sea por Magmas, Procesos Metamórficos, o Sedimentarios, por medio de Gases o Líquidos a lo que nos induce a la COMPOSICION DE LOS FLUIDOS

Liquido -- Gases

▣ FLUIDO

MAGMA METAMORFISMO
H₂O SUPERFICIAL Y SEDIMENTARIA

FLUIDOS MINERALIZANTES

- ▣ Magma y Fluidos magmáticos
- ▣ Aguas Meteóricas
- ▣ Aguas Connatas
- ▣ Fluidos asociados a procesos metamórficos

FLUIDOS MINERALIZANTES

- ▣ Solución Hidrotermal
- ▣ Pneumatolíticas
- ▣ Cabe destacar que fluidos supercríticos a presiones altas la diferencia entre líquidos y gases es insignificante

MAGMA Y FLUIDOS MAGMATICOS

- ▣ Cristalización Primaria
- ▣ Diferenciación Magmática
- ▣ Cristalización Residual
- ▣ Líquidos en estado Hipercríticos. H₂O en cámara Magmática

AGUAS METEORICAS

- ▣ Constituyen aguas no marinas, procedentes de la atmosfera, ríos, lagos entre otras.

Al introducirse en la corteza, estos fluidos adquieren gradualmente la temperatura de las rocas que las encierran. Sodio, calcio, magnesio, radicales de sulfatos y carbonatos.

AGUAS CONNATAS

- ▣ Son aguas fósiles conservadas en los espacios porosos de los sedimentos durante su génesis. Mayormente de origen Marino.

Anómalamente ricas en sodio, cloro, magnesio, bicarbonato y pudiere contener compuestos de estroncio bario y nitrógeno.

Al comenzar el proceso de metamorfismo el agua aumenta su temperatura debido a las condiciones, adquiriendo la capacidad de disolver los metales.

FLUIDOS ASOCIADOS A PROCESOS METAMORFICOS

- ▣ Son producto de la deshidratación de las rocas durante el metamorfismo.

Estas reacciones ocurren bajo condiciones favorables donde las aguas connatas y meteóricas, incluidas las rocas enterradas bajo la superficie terrestres pueden ponerse en movimiento y reaccionen químicamente por el calor y por la presión que acompaña al metamorfismo de contacto o regional.

ORIGEN DE LOS CONSTITUYENTES DE MENAS

Los Geoquímicos señalan que los fluidos mineralizantes originalmente rico en volátiles están por encima de la temperatura crítica del agua, dado esto y el espacio físico, los iones están bien empaquetados y en términos de densidad los gases se comportan como líquidos. Los gases pueden llevar cantidades considerables de elementos metálicos

ORIGEN DE LOS CONSTITUYENTES DE MENAS

Muchos metales se combinan como iones complejos comparativamente estables en forma de sulfuros, polisulfuros, hidrosulfuros, haluros, carbonatos, hidróxidos, óxidos, sulfatos y otros. Las especies minerales formadas dependerán de las condiciones de temperatura, presión y proporciones de iones.

ORIGEN DE LOS CONSTITUYENTES DE MENAS

El pH de una solución varía con cambios de temperatura, presión o sustancias disueltas. Esto tiene incidencia directa en la remoción y puesta en solución o disposición del mineral.

Por ejemplo los metales son solubles en soluciones ácidas y a medida que reacciona con la roca caja, neutralizando hasta depositar.

ORIGEN DE LOS CONSTITUYENTES DE MENAS

Principales reacciones que tienen lugar son:

Reacción líquido-líquido.

Reacción de gases con otros gases, líquidos
sólidos

Evaporación o supersaturación

Desmezcla de soluciones sólidas

Inclusiones Líquidas

Físicoquímica De Los Fluidos

Físicoquímica de Los Fluidos

- La Evolución del Magma:

Una vez formado el magma, y hasta que se consolida completamente por cristalización, el magma asciende a través de la corteza terrestre, sufriendo algunos cambios mineralógicos y químicos.

Entre estos cambios, los más importantes son:

la cristalización fraccionada (posibilidad de que algunos de los cristales que pueda contener el magma se separen de éste),

la asimilación (digestión parcial de rocas de la corteza por el magma durante su ascenso) y

la mezcla de magmas. Estos cambios, por tanto, pueden modificar de forma muy importante la composición de un magma.

- Durante el proceso de la cristalización fraccionada, el magma residual puede separarse en varios líquidos magmáticos inmiscibles: líquido de silicatos, líquido de óxidos, líquido de sulfuros y salmuera (agua con altas concentraciones de sólidos y gases disueltos).
- El líquido de sulfuros se encuentra generalmente enriquecido en hierro, cobre, níquel, zinc y elementos del grupo del platino. El líquido de óxidos contiene hierro, titanio, vanadio y fósforo.
- El líquido de silicatos retiene hierro, magnesio, aluminio, calcio, sodio y potasio y algunas otras fases importantes en la formación de rocas. Además del líquido de silicatos, la generación de un líquido de sulfuros o de óxidos depende de la composición original del magma y un mismo magma no puede formar los dos líquidos simultáneamente.

- En las últimas etapas de la cristalización del magma es cuando se van a desprender los componentes más volátiles y minerales disueltos que dan origen a las pegmatitas y los fluidos hidrotermales del origen magmático. Se les conoce como fluidos mineralizantes y contiene elementos más móviles como: cobre, plomo, zinc, plata, oro, litio, berilio, boro, rubidio y cesio, además de cantidades importantes de sodio, potasio, cloro, y bióxido de carbono.
- Además de los depósitos minerales relacionados directamente con cuerpos intrusivos en los cuales la concentración de minerales útiles tiene lugar como resultado de los procesos de solidificación del magma, también existen depósitos originados por la actividad hidrotermal generada en muchos casos por la presencia de rocas intrusivas a profundidades de entre 5 y 10 Km en la corteza terrestre.
- Los depósitos minerales hidrotermales relacionados con actividad volcánica/magmática son de diferentes tipos: sulfuros masivos en ofiolitas, sulfuros masivos polimetálicos, pórfidos de cobre/molibdeno, depósitos epitermales de metales preciosos.

Reacción líquido-líquido

La fase líquida está muy condensada lo que impide un transporte eficiente de la materia en su seno. Por otra parte, el fundido y el Cristal que crece tienen casi la misma densidad y similar distancia interatómica con lo que tampoco es necesario un gran transporte de materia. En estas condiciones es la transferencia de calor quien juega un papel importante en el proceso de cristalización

Aunque el transporte de masa y calor se combina en cualquier tipo de crecimiento cristalino, podemos decir que la transferencia de calor es esencial en el crecimiento del cristal en la masa fundida, mientras que la transferencia de masa es esencial en solución.

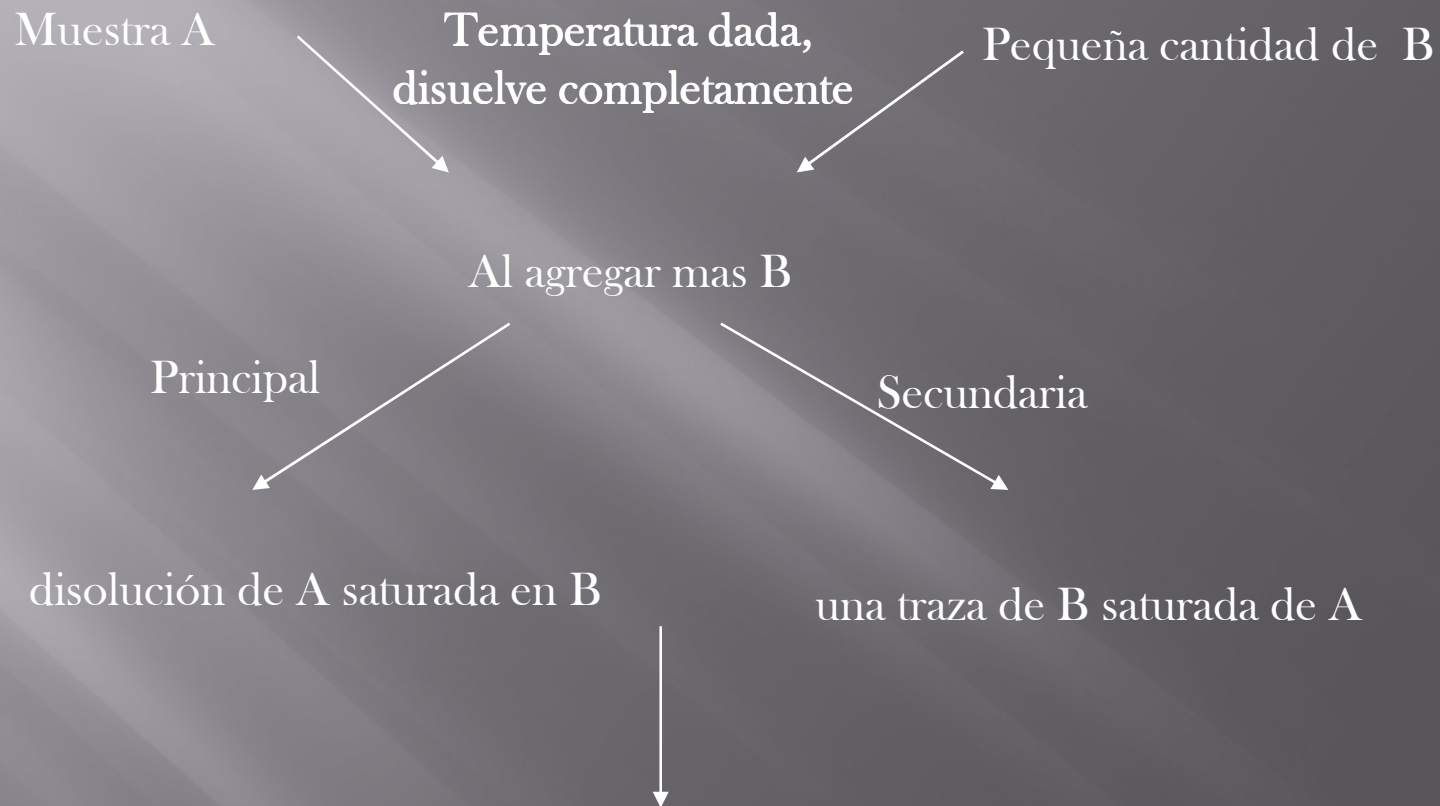
Líquido-sólido

- En este tipo de cristalización existe una reorganización de las estructuras, una abrupta transición de fase, de una fase desordenada o con orden a corta distancia, propia de un líquido, pasamos a otra ordenada, a un Cristal. El tipo de proceso y la fuerza impulsora que genera la cristalización dependerá del todo de la fase líquida.
- La fase fluida es diluida y los átomos que van a formar el Cristal están dispersos en el líquido, es fundamental, por tanto, el transporte de masa para que nucle y crezca el Cristal.
- El crecimiento de Cristales en medio hidrotermal y en solución acuosa a baja temperatura, en medio superficial o sedimentario, son ejemplos de crecimiento cristalino a partir de solución en que el agua es el componente solvente mayoritario

Gas-gas

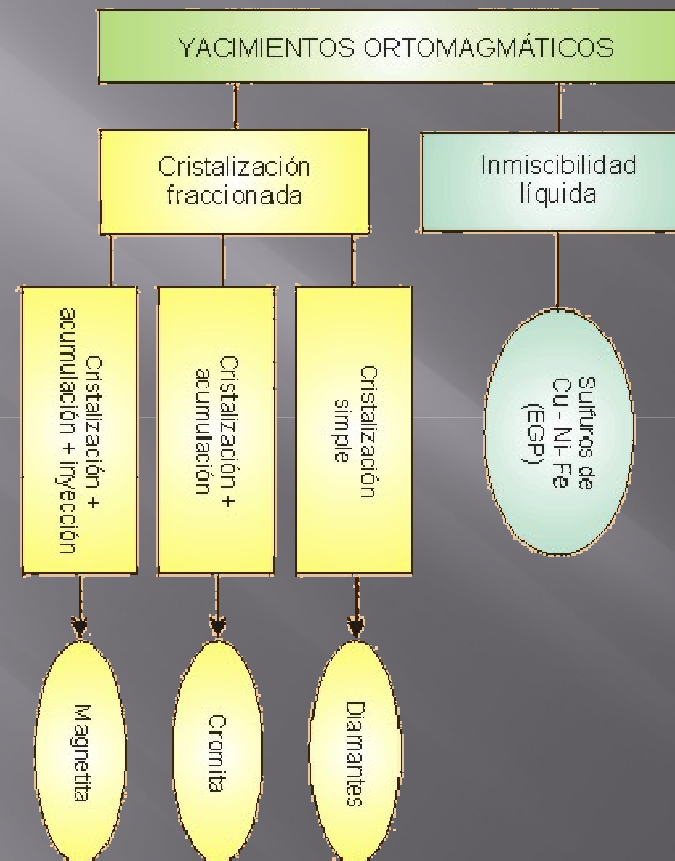
- Son reacciones que dan origen a la formación de Minerales pegmatíticos, fumarolas o drusas. Pero al cristalizar a temperaturas supercríticas siempre hay una interacción sólido-liquido, mas débil que en agua y que en soluciones a alta temperatura pero suficiente como para contemplar este crecimiento como un intermedio entre el crecimiento en solución acuosa y el crecimiento puro a partir de vapor.

Condiciones de Inmiscibilidad



La temperatura del sistema afecta a las composiciones a las que ocurren las separaciones y la coalescencia de las fases

Condiciones de Inmiscibilidad



Tomado de: www.uclm.es/users/higuera/yymm/YM10.html

Condiciones de Inmiscibilidad

Yacimientos de inmiscibilidad líquida.

Altas proporciones de sulfuros metálicos

Yacimientos de sulfuros de Ni-Co-Cu-Fe

Dos líquidos: uno silicatado y otro sulfurado

Altas temperaturas estos dos componentes son miscibles

Poco líquido sulfurado



La segregación se produce en forma de gotas



cristalización de los sulfuros

Suficiente líquido sulfurado



Migrar independientemente



verdadero yacimiento.

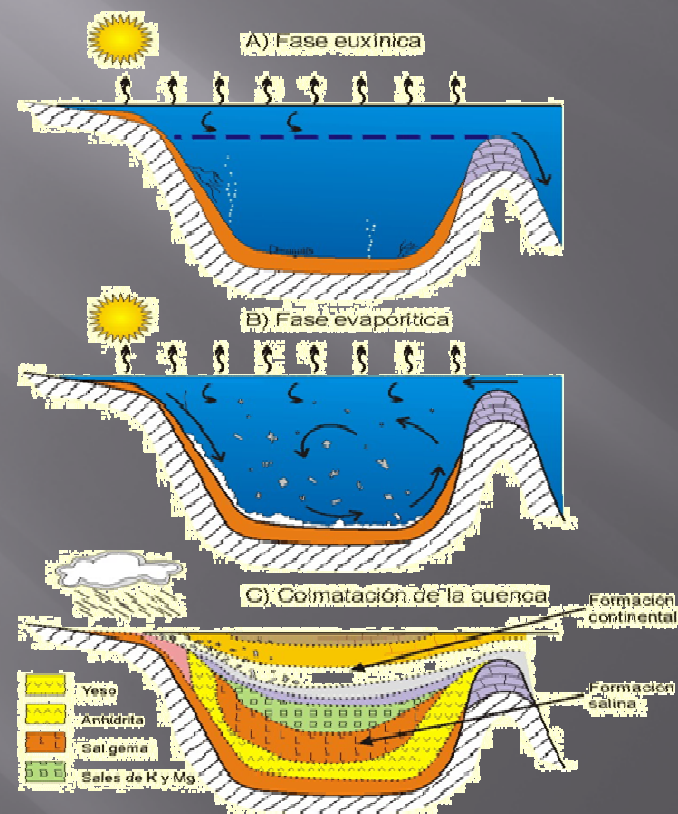
Condiciones de Inmiscibilidad

Desde el punto de
vista mineralógico

- Sulfuros de hierro (pirita, pirrotina), cobalto (cobaltina) y cobre (calcopirita, bornita),
- Como elementos en trazas elementos del grupo del platino
- Presentar ganga de los silicatos formadores de la roca magmática.

Reacciones de Evaporación o Supersaturación

Condiciones De Formación De Los Yacimientos



Tomado de: <http://www.uclm.es/users/higueras/yymm/YM8.html#T08EMar>

Reacciones de Evaporación o Supersaturación

Rocas Y Yacimientos De Precipitación Química

Las rocas evaporíticas son las principales rocas químicas, es decir, formadas por precipitación química directa de los componentes minerales. Suelen formarse a partir del agua de mar, si bien también existen evaporitas continentales, que se depositan en lagos salados, o en regiones desérticas que se inundan esporádicamente.

Se originan, por tanto, como consecuencia de la evaporación de aguas conteniendo abundantes sales en solución. Al alcanzarse, por evaporación, el nivel de saturación en las sales correspondientes, se produce la precipitación del mineral que forma ese compuesto. A menudo se producen precipitaciones sucesivas: en un primer momento precipitan las sales menos solubles, y cuando aumenta la evaporación van precipitando las más solubles.

Reacciones de Evaporación o Supersaturación

Rocas Y Yacimientos De Precipitación Química

- *Evaporitas marinas:* el yeso (a menudo acompañado de anhidrita) y otros como el cloruro sódico (halita), cloruros de potasio y magnesio (silvina), carnalita polihalita.
- *Evaporitas Lacustres:* thenardita y glauberita mayoritarios, a menudo acompañados de otras sales, como halita, yeso, polihalita, y otros sulfatos
- *Evaporitas De Medios Desérticos:* Salar de Atacama (Chile) de halita , alta montaña (Himalaya) de Cachemira (India) y el Desierto de Mojave (SE de California, EE.UU.) con depósitos de bórax.

Desmezcla de Solución Sólida

SOLUCIÓN SÓLIDA MINERAL

Ocurre cuando en una estructura mineral aparecen dos o más elementos distintos con posibilidad de ocupar en distintas proporciones una misma posición atómica.

Esto es debido a las frecuentes sustituciones de determinados iones o grupos iónicos que presentan parecido radio iónico (diferencias $< 15\%$) y de carga eléctrica.

Tipos de Soluciones Sólidas:

- *Solución Sólida Sustitucional*
- *Solución Sólida Intersticial*
- *Solución Sólida con Omisión*

Desmezcla de Solución Sólida

Solución Sólida Sustitucional

Se produce una sustitución de un elemento por otro determinado por las composiciones de dos miembros extremos.

Ejemplo de este tipo de soluciones sólidas es el que forma la serie isomorfa del olivino, $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$. En el olivino, el Mg^{2+} puede ser reemplazado parcial o totalmente por el Fe^{2+} constituyendo una solución sólida completa entre los dos términos extremos *forsterita* (Mg_2SiO_4) - *fayalita* (Fe_2SiO_4).



lo que significa que por cada Ca_2^+ que reemplaza al Na^+ un Si_4^+ debe ser reemplazado por un Al_3^+ para mantenerse la neutralidad.

Solución Sólida Intersticial

Algunos minerales poseen estructuras cristalinas con grandes espacios en los que se alojan iones o moléculas, es el caso del *Berilo* ($\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$) cuya estructura anular cuenta con grandes canales hexagonales que son aprovechados por el K^+ , Rb^+ , Cs^+ , H_2O , para alojarse. Otro ejemplo bien conocido es el que constituye el *grupo de las zeolitas*, éstas poseen un estructura abierta formada por tetraedros de SiO_4 y AlO_4 donde quedan grandes espacios en los que acostumbran a acomodarse moléculas de H_2O débilmente unidas a la estructura.

Desmezcla de Solución Sólida

Solución Sólida con Omisión

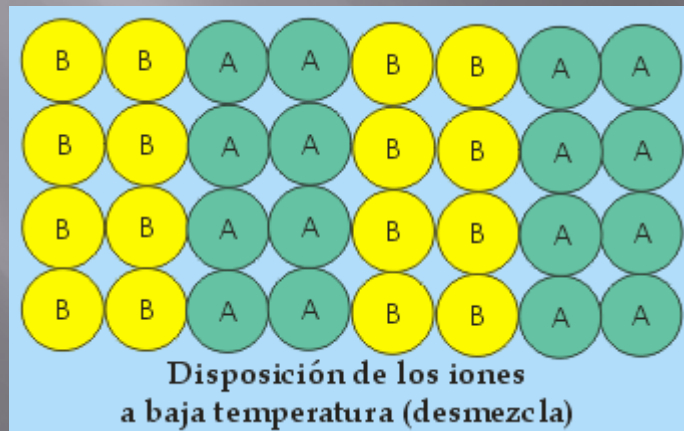
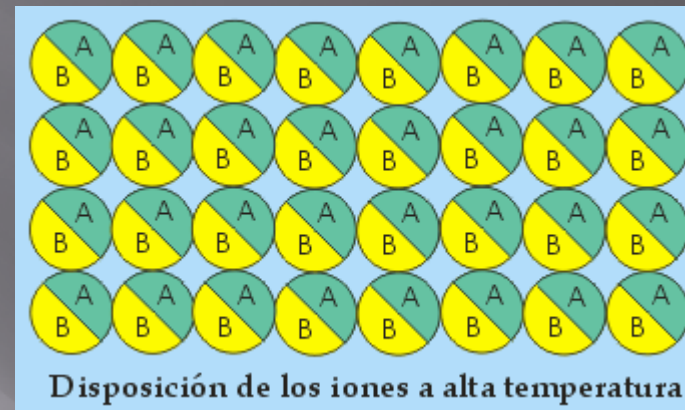
Tiene lugar cuando un catión de mayor carga reemplaza a dos o más cationes, compensando así su carga. El mejor ejemplo lo constituye la *pirrotina* de fórmula $\text{Fe}_{(1-x)}\text{S}$, en cuya estructura aparecen vacantes en número variable por la ausencia de iones Fe_2^+ en alguna de las posiciones octaédricas. Para compensar la deficiencia del Fe es posible que parte de éste esté en su estado oxidado (Fe_3^+), de forma que



manteniéndose así la neutralidad en la estructura.

DESMEZCLA DE SOLUCIONES

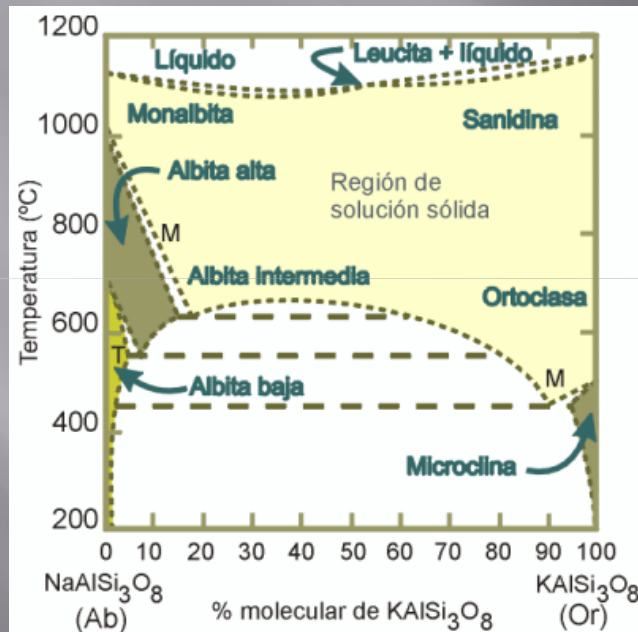
La estabilidad de las soluciones sólidas viene condicionada en muchos casos por la temperatura, sobre todo cuando el tamaño de los iones que se sustituyen es bastante diferente (> 15%).



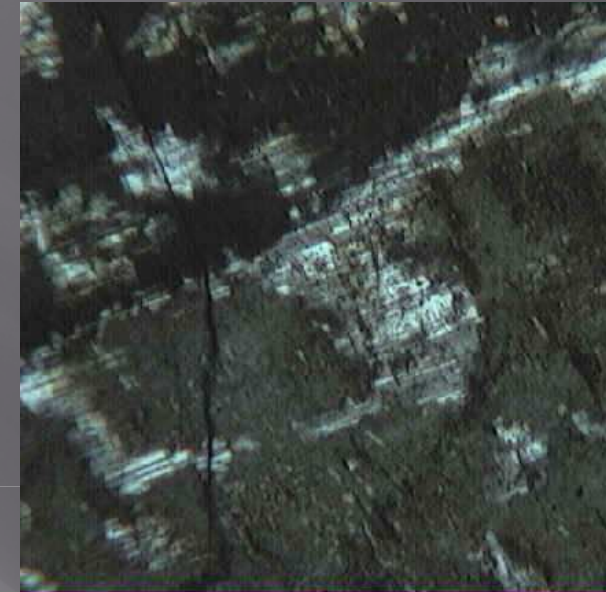
A altas temperaturas en la estructura mineral los átomos vibran con más intensidad que a bajas temperaturas por lo que las posiciones atómicas son mayores. Por ello, hay más posibilidad de que entren en la estructura iones de mayor tamaño a sustituir a otros y los minerales son homogéneos en estas condiciones.

Desmezcla de Solución Sólida

La *desmezcla* es el proceso por el cual una solución sólida inicialmente homogénea se separa en dos (o más) Fases Sólidas sin ningún cambio en la composición global del sistema.



No obstante la difusión de los átomos dentro de la estructura es tanto más lenta cuanto menor es la temperatura, si el enfriamiento es lento da tiempo a que se produzcan buenas bandas de desmezcla, mientras que si éste es rápido esto no sucede.



Un ejemplo de desmezcla es el que se produce en la solución sólida de los feldespatos alcalinos (Na-K), en ellos se desarrollan unas finas láminas de Na dentro de un feldespato rico en K denominadas *perfitas*.

Inclusiones Líquidas

INCLUSIONES FLUIDAS

Naturaleza fluidal
Carácter de fluido mineralizante

Fase Líquido y/o Gas

3 y 20 micras

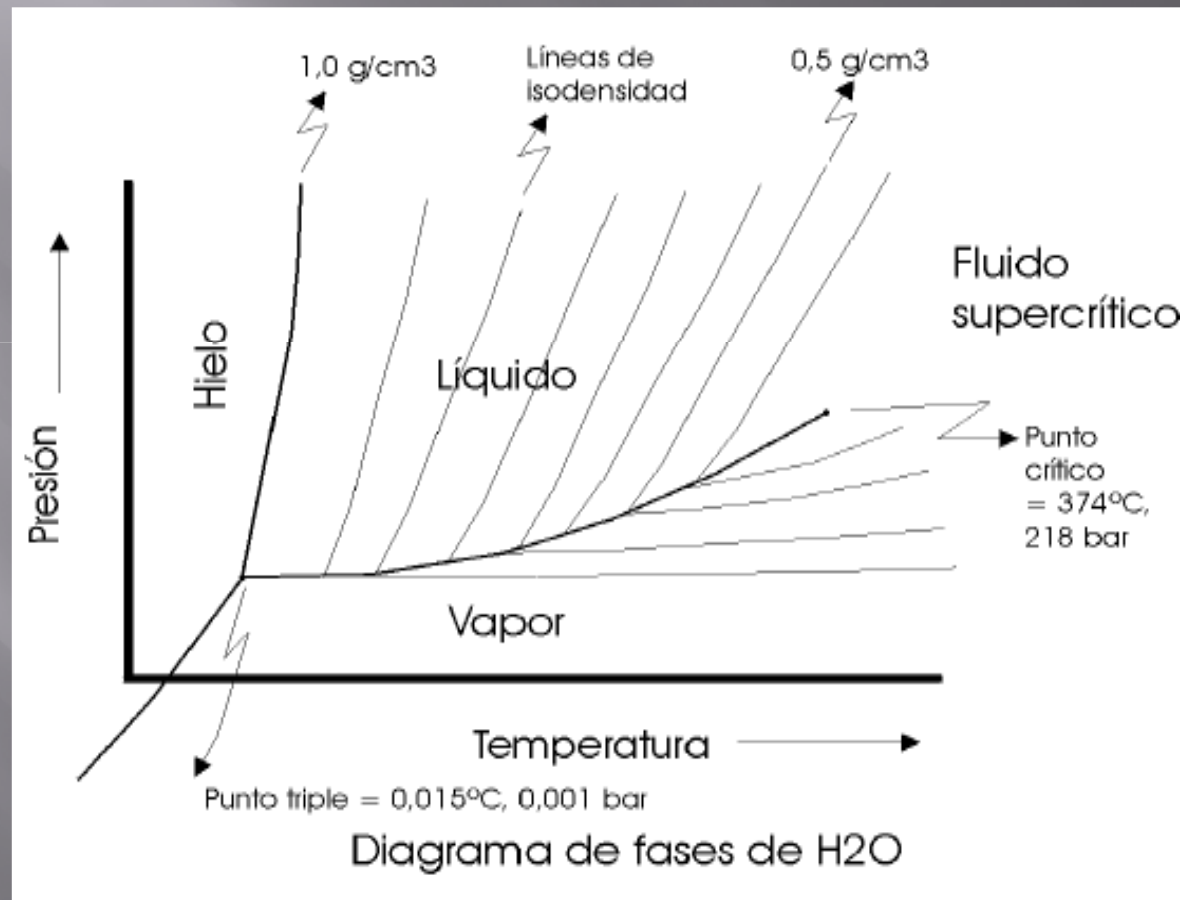
Minerales Traslúcidos u Opacos

¿Cómo se estudian?

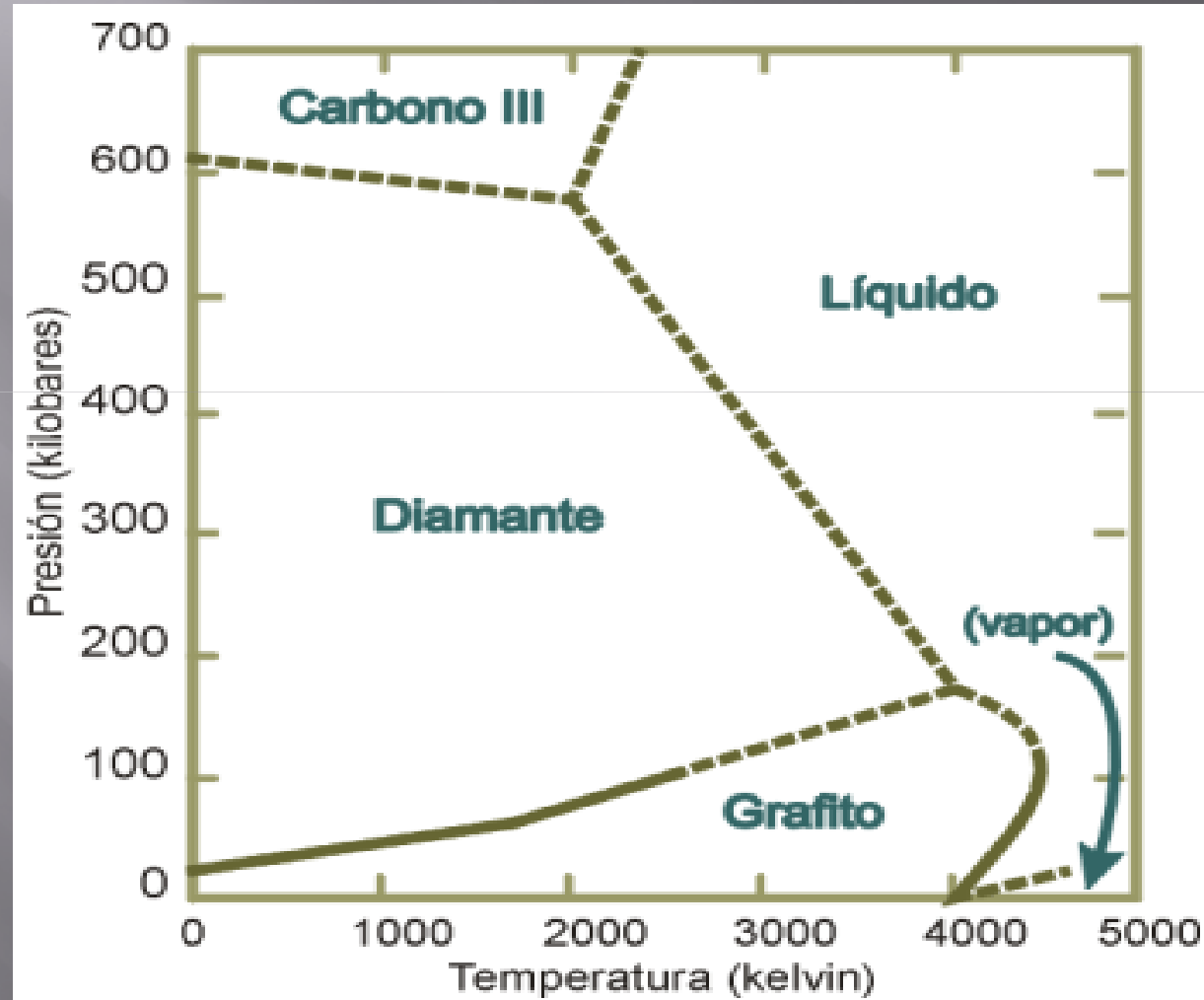
¿Propósito de estudio?

Inclusiones Líquidas

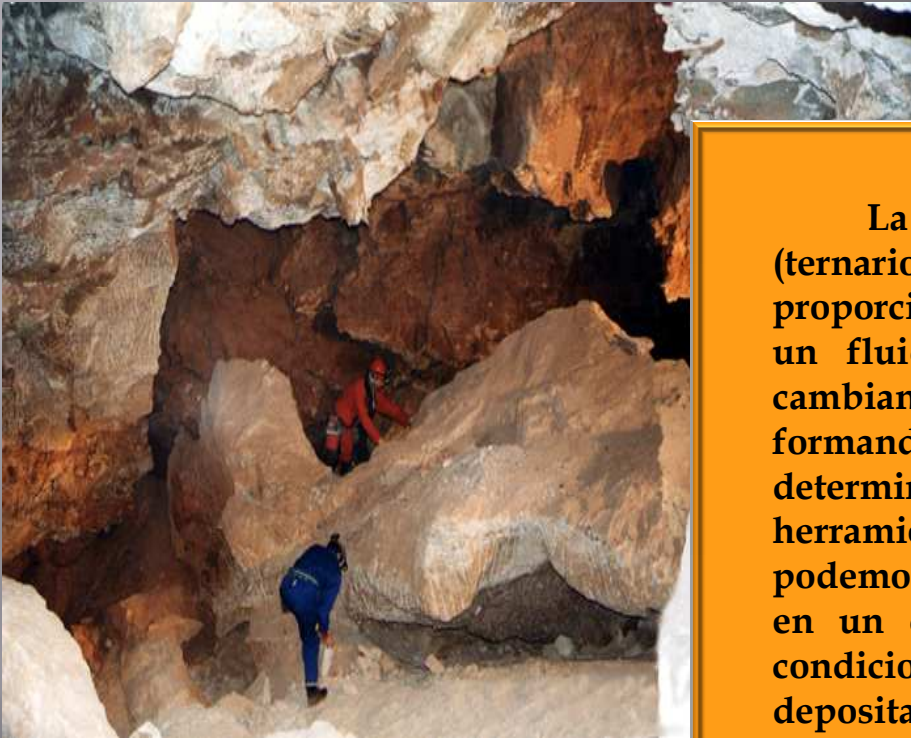
Diagrama de fase de H₂O, como base para el estudio del cambio de estados para fluidos mineralizantes.



Ejemplo de Diagrama Unitario : “Polimorfos de Carbón”.



Importancia de los Diagramas de Fase desde el punto de vista Metalogenético.



La importancia de los diagramas de fase (ternarios y binarios) radica en que ellos proporcionan la variabilidad composicional de un fluido determinado (magma) el cual va cambiando en relación presión temperatura, formando cristales o sólidos metálicos de determinado mineral. Esto proporciona una herramienta ya que al encontrar un mineral X, podemos a raíz de su composición relacionarlo en un diagrama de fase que nos indica las condiciones en las cuales se formo y si se deposita de tal forma que podamos encontrarlo como yacimiento.

EJEMPLO

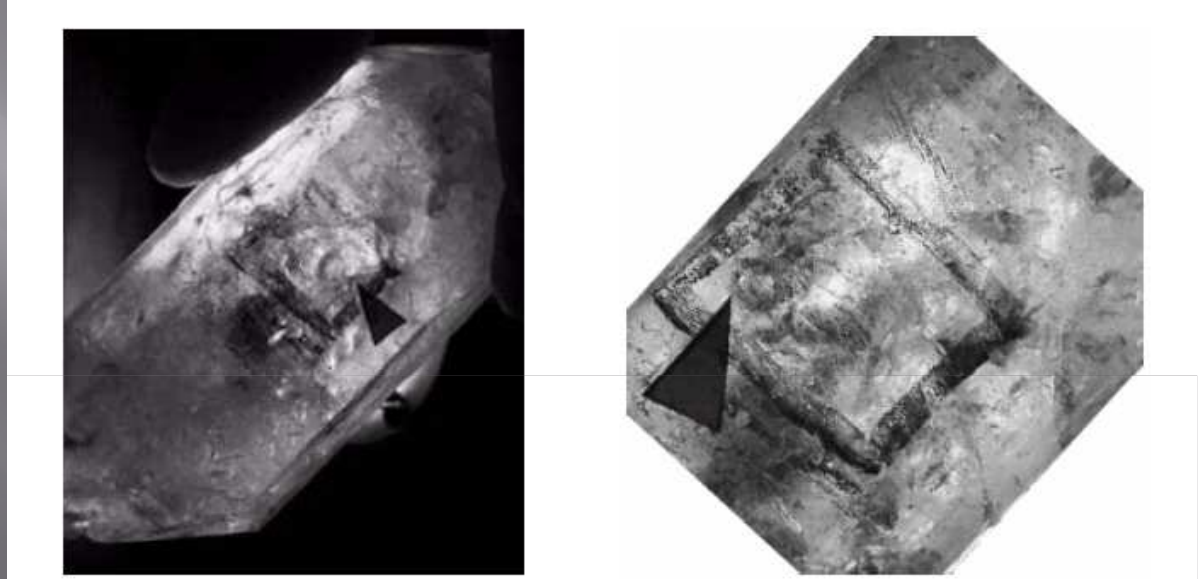


Fig. 36. Inclusión fluida en un cristal de cuarzo. Nótese que la posición de la burbuja es distinta en las dos fotos, indicando que esta se mueve dentro del cristal. La orientación del cristal en las dos fotos es la misma.

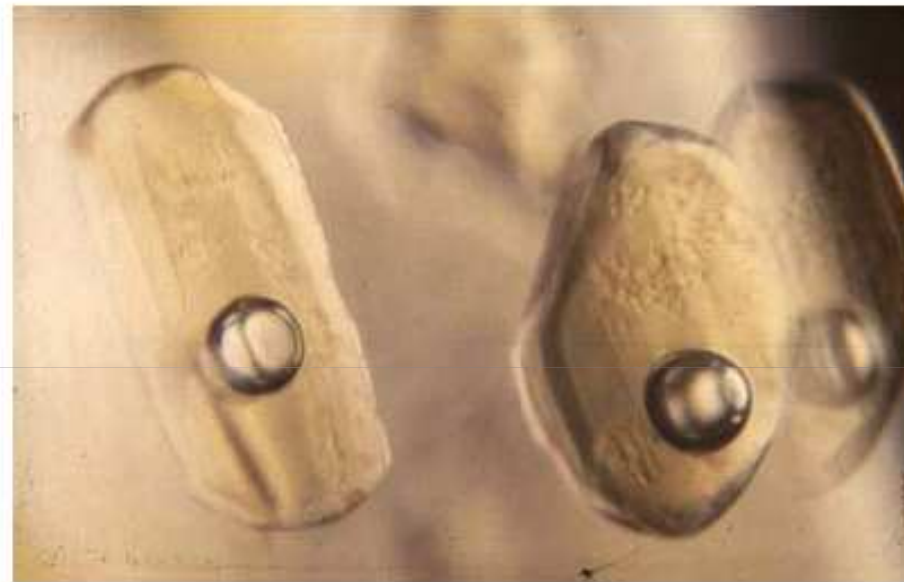


Figura 4. 16. Inclusiones fluidas con varias fases desmezcladas. La temperatura a la que se consigue que la inclusión se vuelva homogénea (una sola fase) es la temperatura que reinaba cuando la inclusión se formó.

TEXTURAS Y ESTRUCTURAS DE LOS MINERALES DE MENA Y GANGA

- ▶ El estudio de las texturas puede decirnos sobre la génesis e historia subsecuente de los cuerpos mineralizados.
- ▶ Un metamorfismo posterior puede alterar dramáticamente las texturas primarias.
- ▶ Las texturas varían de acuerdo a como fueron formados por depositación en un espacio abierto de un silicato o solución acuosa o por reemplazamiento de rocas preexistentes

LLENADO DE ESPACIOS

▶ PRECIPITACION DE SILICATOS FUNDIDOS,

Los factores críticos en esta situación son el tiempo de cristalización y la presencia o ausencia de silicatos que cristalicen simultáneamente.

EJEMPLO: Óxidos, que son minerales de mena tales como la Cromita a menudo cristalizan temprano y así pueden formar buenos cristales euhédricos, aunque estos puedan ser subsecuentemente modificados en varias formas



FIGURA 4-33 Granos de cromita en plagioclasa. Las concavidades fueron producidas por la reabsorción parcial de la cromita primaria. Procede del complejo igneo de Bushveld, África del Sur. $\times 20$. (Foto de C. M. Taylor.)

LLENADO DE ESPACIOS

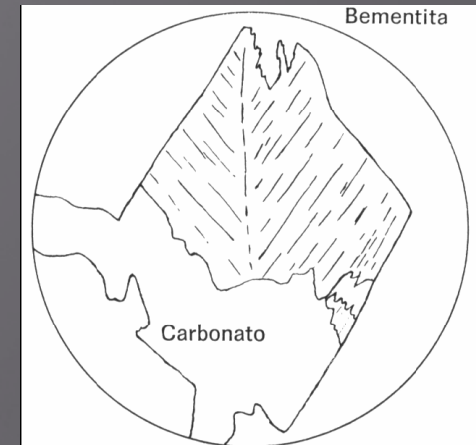
▶ PRECIPITACIONES DESDE SOLUCIONES ACUOSAS

La precipitación a partir de soluciones hidrotermales puede ocurrir en espacios abiertos dentro de macizos rocosos originando ya sea minerales bien cristalizados o amorfos (a partir de coloides). Por otra parte, el metasomatismo inducido por fluidos hidrotermales puede producir reemplazo de minerales pre-existentes. Existen una serie de criterios texturales para identificar como se formaron los minerales hidrotermales en un depósito.

▶ TEXTURAS DE REEMPLAZO

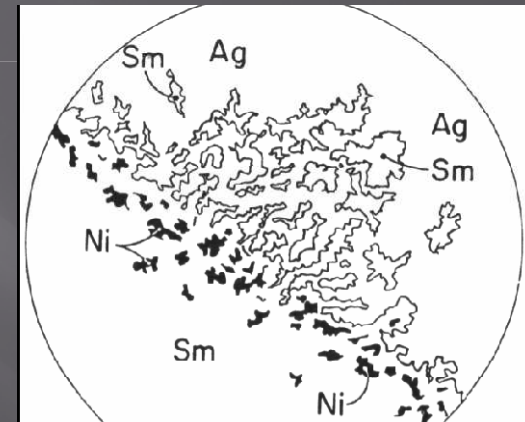
La formación de nuevos minerales a expensas de otros pre-existentes se denomina reemplazo. Este fue definido por Lindaren (1933) como el proceso de disolución y depositación capilar prácticamente simultáneo, por el cual un nuevo mineral total o parcialmente diferente puede crecer en el seno de un mineral o agregado más antiguo

- ▶ Pseudomorfos: Si se conserva la forma cristalina de un mineral, pero la composición cambia, esto constituye una evidencia de reemplazo.



Pseudomorfo. Bementita (a trazos) reemplazando un cristal de calcita. Olympic Peninsula, Washington. $\times 60$.

- ▶ **Formación de entrecrecimientos vermiculares:** en distintos sitios a lo largo de grietas y en los límites de áreas no relacionadas con direcciones cristalográficas. Estos pueden representar el avance incompleto del frente de reemplazo. Sin embargo, los entrecrecimientos vermiculares también se forman durante el crecimiento de un cristal en una mezcla eutéctica y por **exsolución** durante el lento enfriamiento de soluciones sólidas. Estos entrecrecimientos primarios habitualmente están relacionados con direcciones cristalográficas y solo los no orientados pueden considerarse de reemplazo.

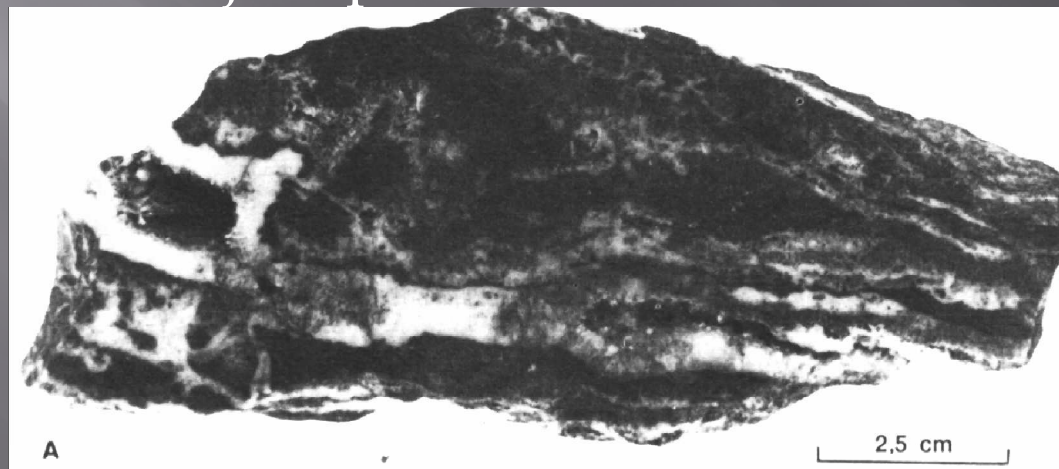


Formación intercrecimientos vermiculares en lugares abiertos a lo largo de grietas y en los límites del área no relacionados con direcciones cristalográficas. Reemplazamiento preferencial de niquelina (Ni) por plata nativa (Ag) en mezclas íntimas entre la niquelina y esmaltina-cloantita (Sm). Cobalt, Ontario, Canadá. $\times 30$. (Según una foto no publicada de D. E. Everlein.)

- ▶ Masas irregulares desarrolladas a partir de un relleno de fractura
- ▶ Formación de entrecrecimientos vermiculares
- ▶ Islas de mineral huésped o de la roca encajadora no reemplazados
- ▶ Superficies cóncavas hacia el huésped
- ▶ Paredes o bordes asimétricos de venillas

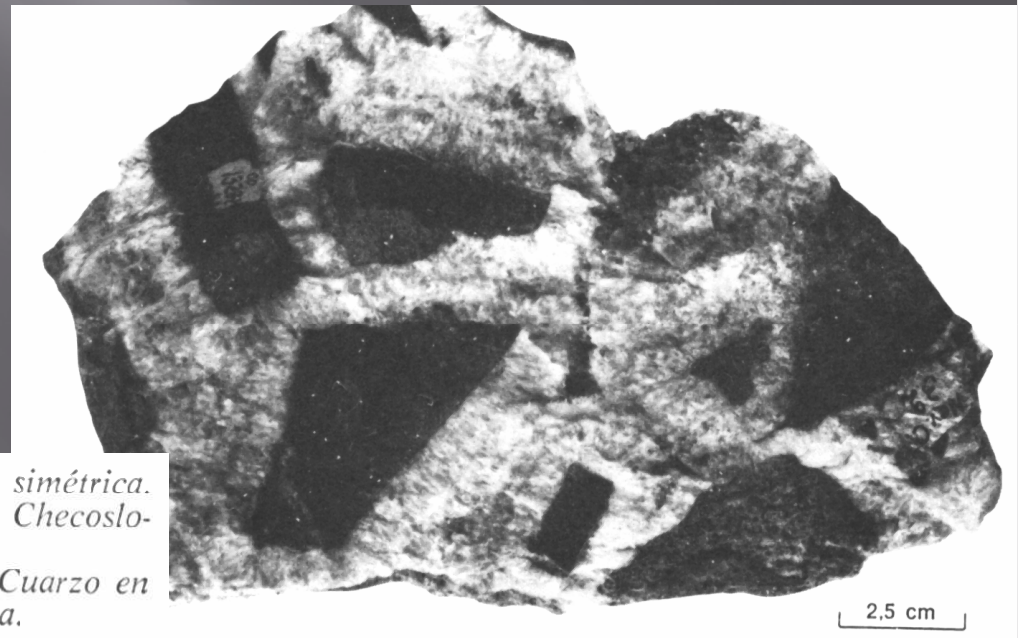
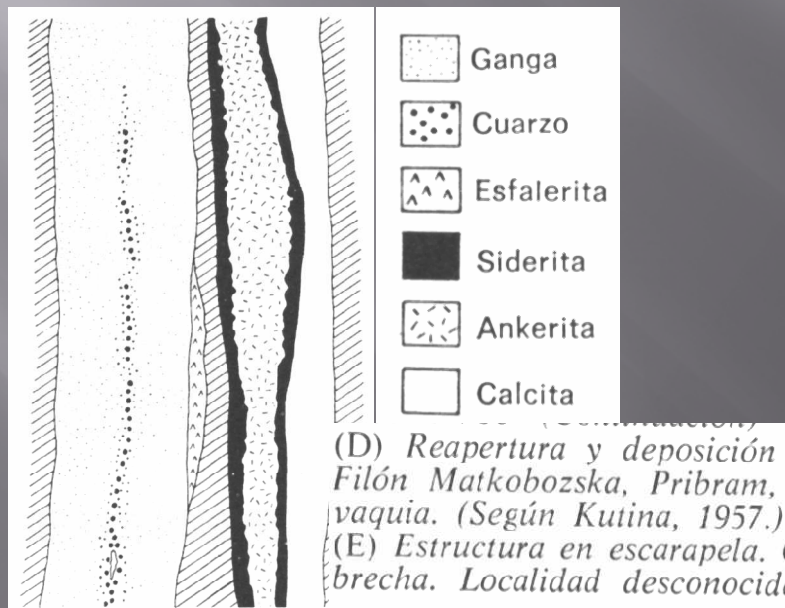
- ▶ En zonas poco profundas donde el fracturamiento de las rocas es frágil (en oposición a la deformación dúctil) se generan **espacios abiertos** tales como zonas de dilatación a lo largo de fallas, canales de disolución en regiones de topografía kárstica, etc. Estos pueden ser permeados por soluciones hidrotermales mineralizadoras y si las condiciones físicoquímicas inducen la precipitación entonces se formarán cristales. Estos cristales de origen hidrotermal crecerán por **nucleación espontánea** dentro de la solución o más comúnmente por nucleación en la superficie rocosa que los contiene.

Muchas cavidades y drusas: La existencia de huecos y drusas de cristales representa el relleno incompleto de un espacio abierto mayor. El crecimiento de cristales de mena y ganga dentro de una fractura normalmente ocurre desde afuera hacia adentro y se detiene cuando encuentra paredes opuestas, pero como el crecimiento no es uniforme la circulación incompleta de soluciones hidrotermales deja espacios sin relleno



- ▶ **Minerales de grano fino en las paredes de una cavidad y minerales más gruesos hacia el centro:** Cuando existe una marcada diferencia de temperatura entre las rocas huésped y el fluido hidrotermal (generalmente en condiciones de poca profundidad) los primeros cristales que se forman en las paredes de una fractura son de grano fino, debido al enfriamiento del fluido al contacto con la roca y la consecuente cristalización rápida, mientras que aquellos formados hacia el centro de la oquedad tendrán más tiempo para desarrollarse.

- ▶ **Crustificación:** Los fluidos hidrotermales pueden variar de composición y depositar cortezas de distintos minerales a lo largo de las paredes de una fisura o cavidad. Los cristales formados primero son cubiertos por los minerales posteriores. Esto produce vetas bandeadas.



- ▶ Estructura de peineta o en cresta: A lo largo de la unión de cristales que han crecido desde paredes opuestas de una fractura se genera una zona de drusas interdigitadas debido al contacto final de los cristales señalados. Ya que la zona de unión es dentada en sección, similar a la cresta de un gallo, se la denomina estructura de cresta o de peineta. Es indicativa que los cristales crecieron hacia adentro desde las paredes opuestas de una fisura rellenando un espacio abierto.
- ▶ Bandeamiento simétrico: Los cristales depositados en una cavidad crecerán simétricamente hacia el centro de la misma, en este caso la orientación y composición de los cristales en las paredes opuestas de una veta son simétricas. Cuando ocurren cambios en la composición del fluido, cambia la composición de los minerales precipitados formando cortezas según un patrón simétrico desde las paredes hacia el centro de la estructura.
- ▶ Paredes similares: Cuando se rellena una fisura la sección de las paredes opuestas de la roca encajarían, es decir que si el relleno de la veta fuese eliminado las rocas de caja se acoplarían como piezas de un rompecabezas.
- ▶ Estructura de cockarda (escarapela): En rocas fragmentadas (brechas) se produce el crecimiento de cristales en forma radial o de peineta sobre los fragmentos de roca quedando estos envueltos en bandas crustiformes o cortezas de minerales hidrotermales.

Depósitos Coloidales

La depositación en espacios abiertos ocurre en las interfases agua-sedimento y agua-roca, como por ejemplo en la formación de sulfuros masivos volcanogénicos (exhalativos).

Compuestos minerales amorfos como ópalo (SiO_2), neotocita (Cu Mn Fe SiO_2), garnierita (silicatos hidratados de Mg-Ni) precipitan a partir de coloides y se piensa que muchos minerales criptocristalinos (calcedonia, algunos óxidos de M, piritita, marcasita, petchblenda y productos de oxidación de sulfuros de Cu, Pb y Zn como la malaquita, azurita, crisocola, anglesita, cerusita y smithsonita, han sido transportados y depositados como coloides que cristalizan luego de su depositación.

Los coloides son materiales extremadamente finos en suspensión que tienen propiedades peculiares debido a su alta área de superficie. La rápida **floculación** de los materiales (agregado en masas o grumos) y **bandeamiento**. son texturas comunes de coloides. Las características distintivas de depositación de coloides son:

Depósitos Coloidales

- ▶ Texturas coloformes
- ▶ Grietas de contracción
- ▶ Bandas de difusión o Liesegang
- ▶ Absorción de materiales extraños que originan una composición variable
- ▶ Estructura no cristalina y caótica
- ▶ Esferoides

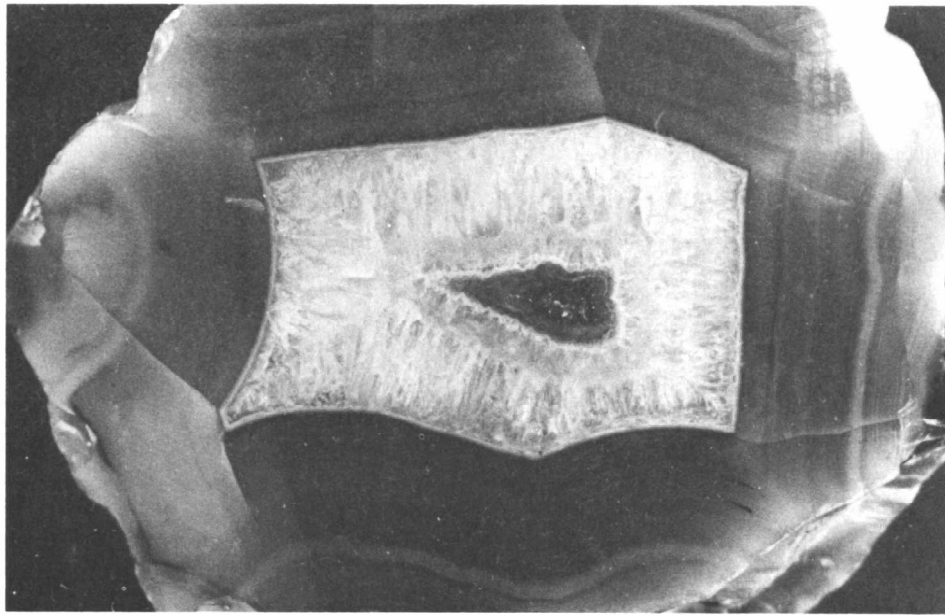


FIG. 4-37 (Continuación)
 (C) Bandas de difusión mostradas por ágata. Obsérvense también las características de relleno en la parte central. Localidad desconocida. $\times 17$. (Foto de W. J. Crook.)



A

FIGURA 4-37 (A) Textura coloforme. Esfalerita globular con bandeo concéntrico, origen coloidal. Mina Orzel Bialy, Katowice, Polonia. Tamaño natural. (Según Kutina, 1953.)
 (B) Grietas de contracción. Mineral de Larap, Islas Filipinas. $\times 87$. (Foto según J. E. Frost.)

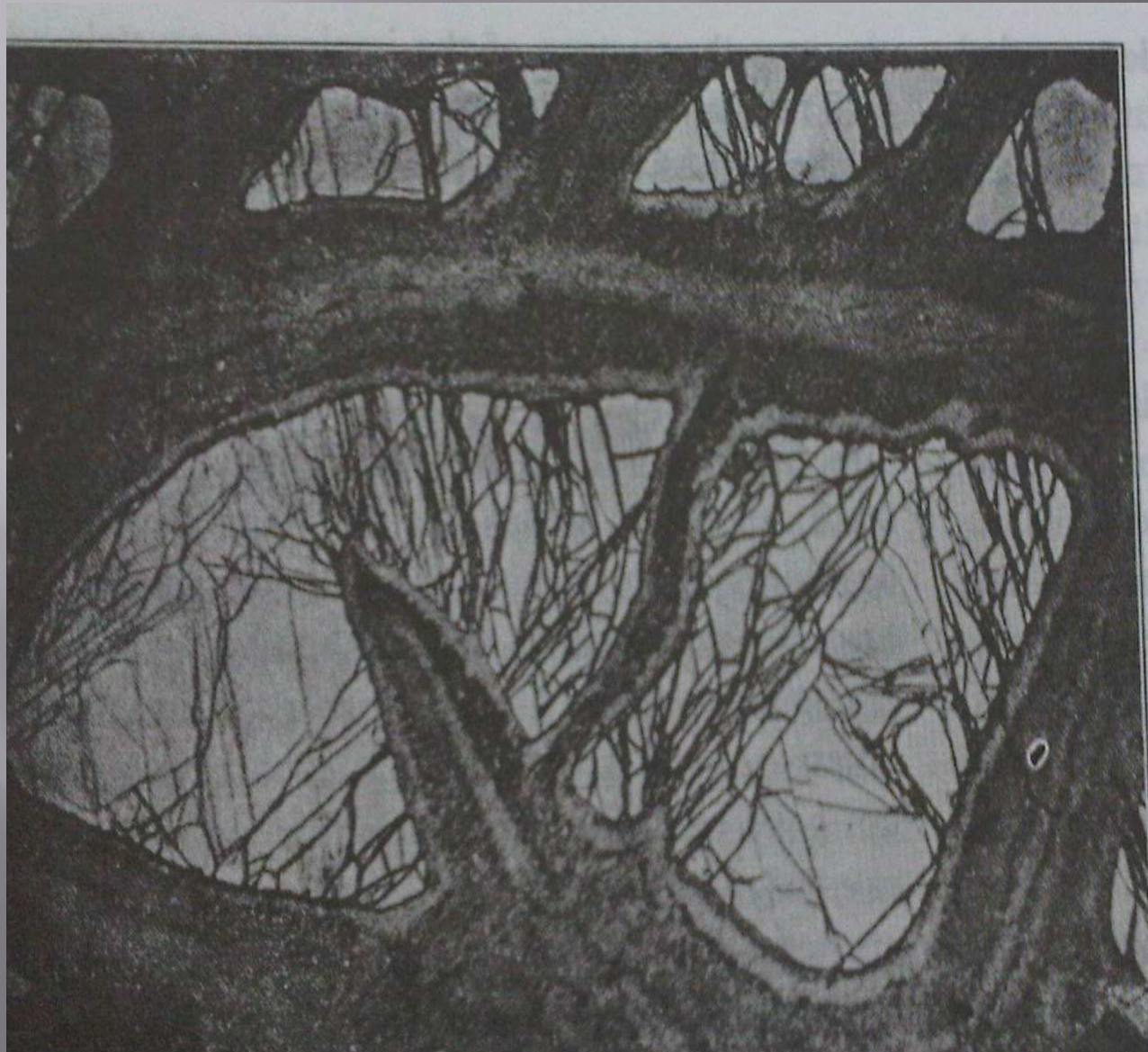
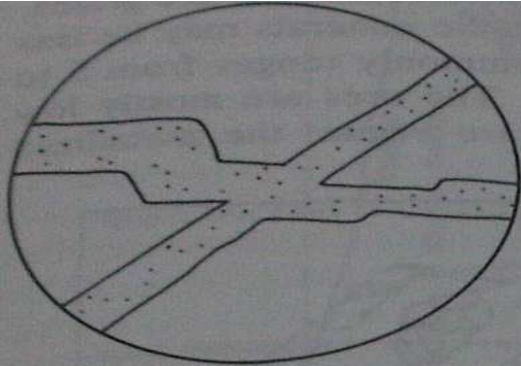
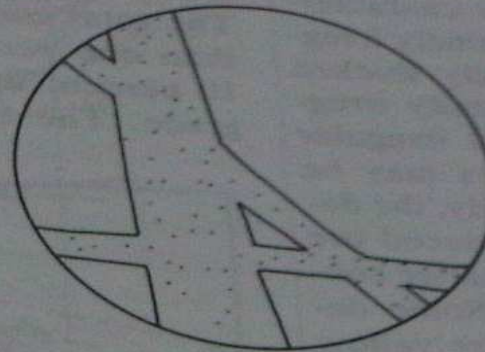


Figure 8-34 Replacement extending outward from cracks. Residual grains of pyrite isolated by invading covellite and intersected by covellite veinlets. (Photo by L. C. Graton.)

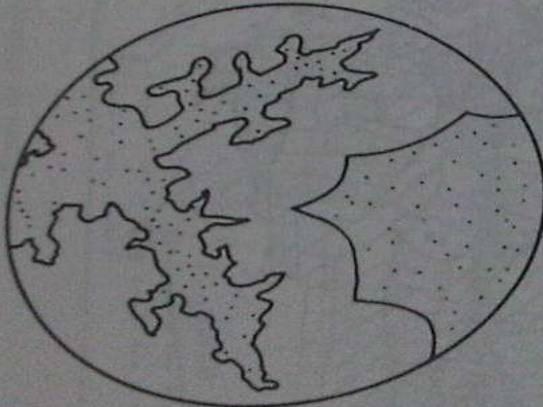
Figure 8-41 Different types of openings, replacement, and exsolution features generally observed in thin sections. (D. Garlick.)



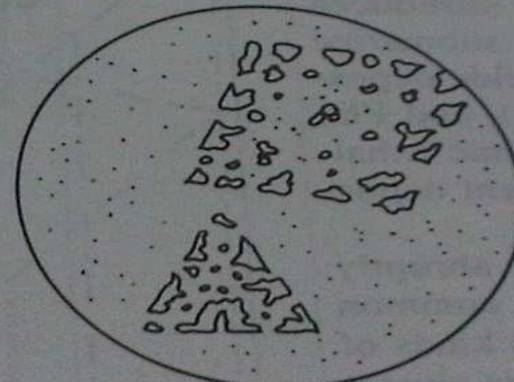
Dilation



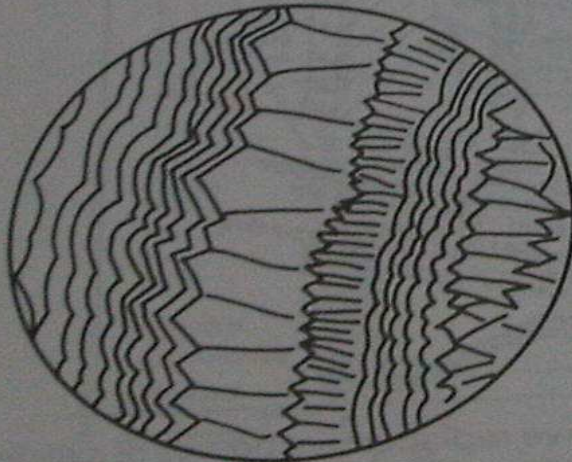
Replacement



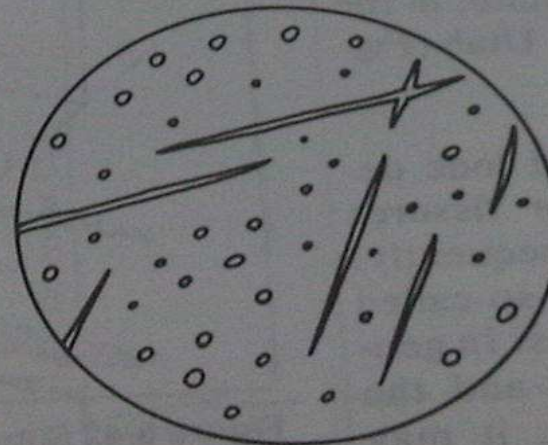
Progressive Replacement



Oriented Remnants



Open Space Filling



Exsolution Lamellae and Blebs