



fcfm

Geología

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

ALTERACIÓN POTÁSICA Y TEXTURAS

GL5311 - Primavera 2022

Cuerpo Docente:

María Isabel Chesta Knopel

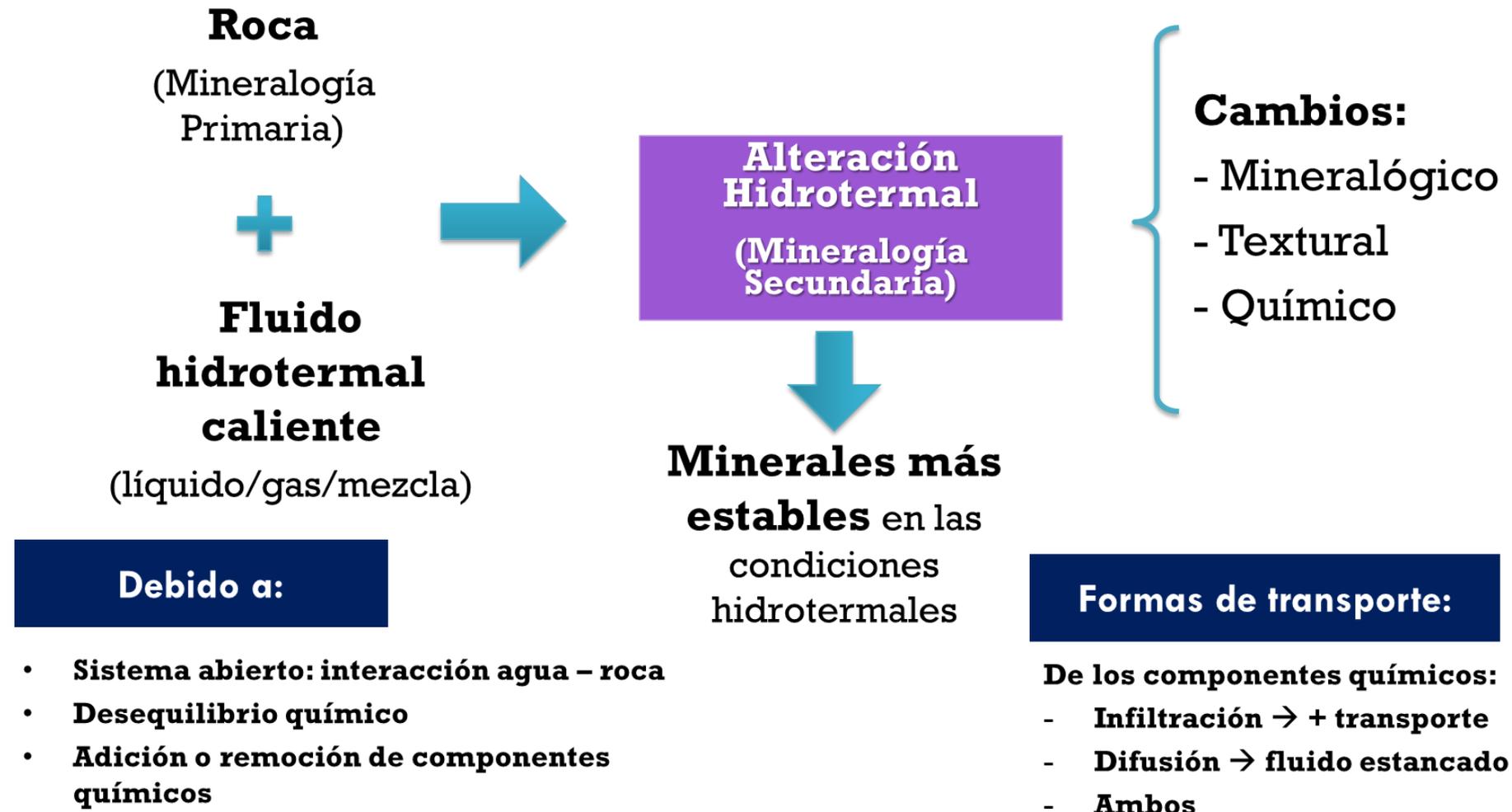
José Luis Moreno Toledo

Juan Francisco Ríos Irarrázaval

Karin Flores G.

0,5 mm

Alteración Hidrotermal: ¿En qué consiste?



Factores controladores



Factores controladores

Resultado:

**Asociación
Mineralógica**

**Conjunto de minerales
más estables,** reflejan
condiciones fisicoquímicas



**Roca
alterada**



**Grado de
Pervasividad**

Que tan penetrativa es
la alteración. % de
volumen alterado.

Procesos involucrados

- **Crecimiento de nuevos cristales**
 - **Transformación de fases minerales**
 - *Reemplazo o metasomatismo*
 - **Disolución y precipitación de nuevos minerales**
 - *Lixiviación → disolución sin reemplazo.*
El fluido extrae comp. químicos (cationes metálicos) de la roca (→es deprimida)
 - *Deposición directa → necesario espacio. Ej. Vetillas de qz, cal, anh.*
- *Parámetro controlador: solubilidad*

Procesos involucrados

■ Reacciones de intercambio iónico

Ej. Mg^{2+} por Ca^{2+} o Na^{+} por K^{+}

- Hidrólisis: intercambio de cationes (ej. K^{+} , Na^{+} , Ca^{+}) por H^{+}

Fluido se empobrece en H^{+} → pH aumenta

SiO_2 como subproducto

Alteración de plagioclasa → sericita → arcillas → cuarzo

Minerales buffers → mantienen cierto rango de pH → variaciones escalonadas

*Factores controladores: actividad, presión, fugacidad, concentración.

Procesos debidos a la alteración hidrotermal

- **Deposición directa:** Para poder hacerlo la roca debe tener espacios para que el fluido pueda moverse dentro de ellas. Ej. diaclasas, fallas, fracturas hidráulicas, discordancias, zonas brechosas, huecos, poros y fisuras.
- **Reemplazo:** Muchos minerales de las rocas son inestables en un ambiente hidrotermal y son reemplazados por nuevos minerales que son estables en las nuevas condiciones.
- **Lixiviación:** Algunos de los componentes químicos de las rocas son extraídos por los fluidos hidrotermales al atravesarlas, particularmente cationes metálicos, de modo que la roca es deprimida en dichos componentes o lixiviada.

Características de la alteración

Intensidad: porcentaje (%) de la roca que ha sido alterada, corresponde al grado de alteración.

- *Débil o poco pervasiva: si sólo afecta a pocos minerales de la roca.*
- *Pervasiva: alteración afecta gran parte de la roca*
- *Selectiva: alteración sólo afecta un grupo de minerales en particular*

Términos importantes que se ocupan

1. Textura OBLITERADA: cuando no se puede reconocer la textura original de la roca (es imposible determinar la litología)
2. Boxwork: la roca presenta cavidades causadas por un alto grado de alteración
3. Stockwork: enrejado de vetillas
4. Estilo de mineralización:
 - a. *Pátina*
 - b. *Masivo*
 - c. *Diseminado*
 - d. *Agregados cumulares*
 - e. *Rellenando espacios abiertos:*
 - i. *Vetas*
 - ii. *Vetillas (<2cm)*
 - iii. *Amigdalas*

Clasificación de Alteración Hidrotermal

```
graph TD; A[Clasificación de Alteración Hidrotermal] --> B["(1) Mineral más abundante"]; A --> C["(2) Cambio químico dominante"]; A --> D["(3) Asociación mineral"];
```

(1) Mineral más abundante

Ej:

Silicificación → SiO₂

Sericitización → sericita

Argilización → arcillas

Cloritización → clorita

*Pero, los mxles no se presentan solos, sino forman grupos/asociaciones

(2) Cambio químico dominante

Ej.

Metasomatismo H, K, F.

*Pero, son varios los mxles involucrados, que son removidos o introducidos

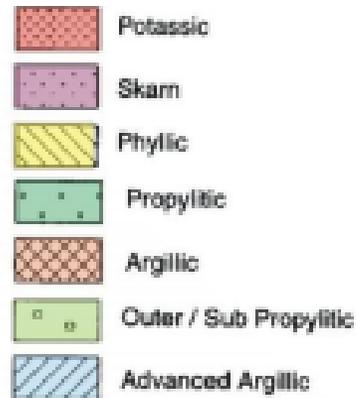
(3) Asociación mineral

*Refleja condiciones: T, P, composición del fluido, mineralogía original, tiempo.

Corbett y Leach (1998)

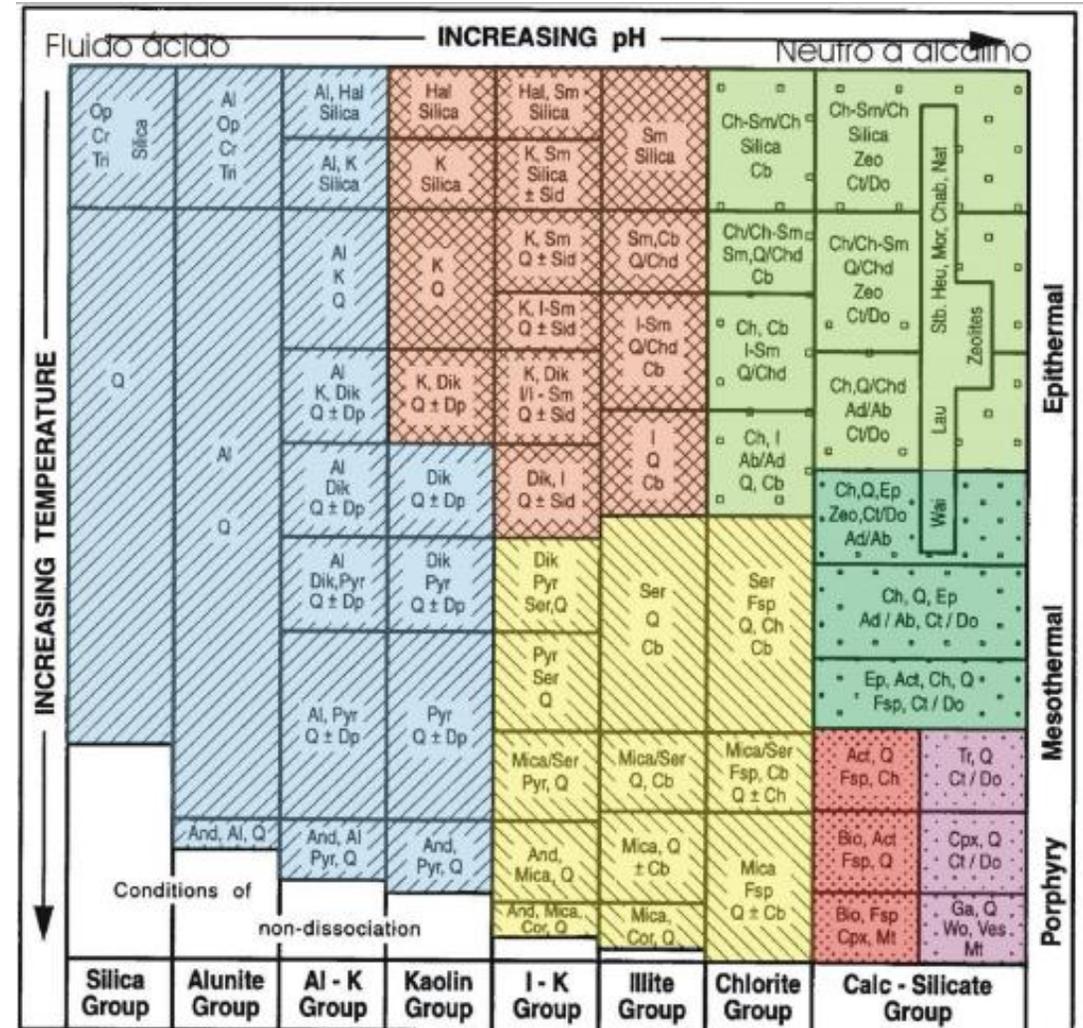
Alteraciones Hidrotermales

Corbett, G. J., & Leach, T. M. (1998)



Mineral Abbreviations :

Ab - albite; Act - actinolite; Ad - adularia; Al - alunite; And - andalusite; Bio - biotite; Cb - carbonate (Ca, Mg, Mn, Fe); Ch - chlorite; Chab - chabazite; Chd - chalcedony; Ch-Sm - chlorite-smectite; Cor - corundum; Cpx - clinopyroxene; Cr - cristobalite; Ct - calcite; Do - dolomite; Dik - dickite; Dp - diaspore; Ep - epidote; Fsp - feldspar; Ga - garnet; Hal - halloysite; Heu - heulandite; I - illite; I-Sm - illite-smectite; K - kaolinite; Lau - laumontite; Mt - magnetite; Mor - mordenite; Nat - natrolite; Op - opaline silica; Pyr - pyrophyllite; Q - quartz; Ser - sericite; Sid - siderite; Sm - smectite; Stb - stilbite; Tr - tremolite; Tri - tridymite; Ves - vesuvianite; Wai - wairakite; Wo - wollastonite; Zeo - zeolite



Tipos de Alteración Hidrotermal

- Potásica
- Cuarzo-sericita
- Propilítica
- Argílica
- Argílica Avanzada

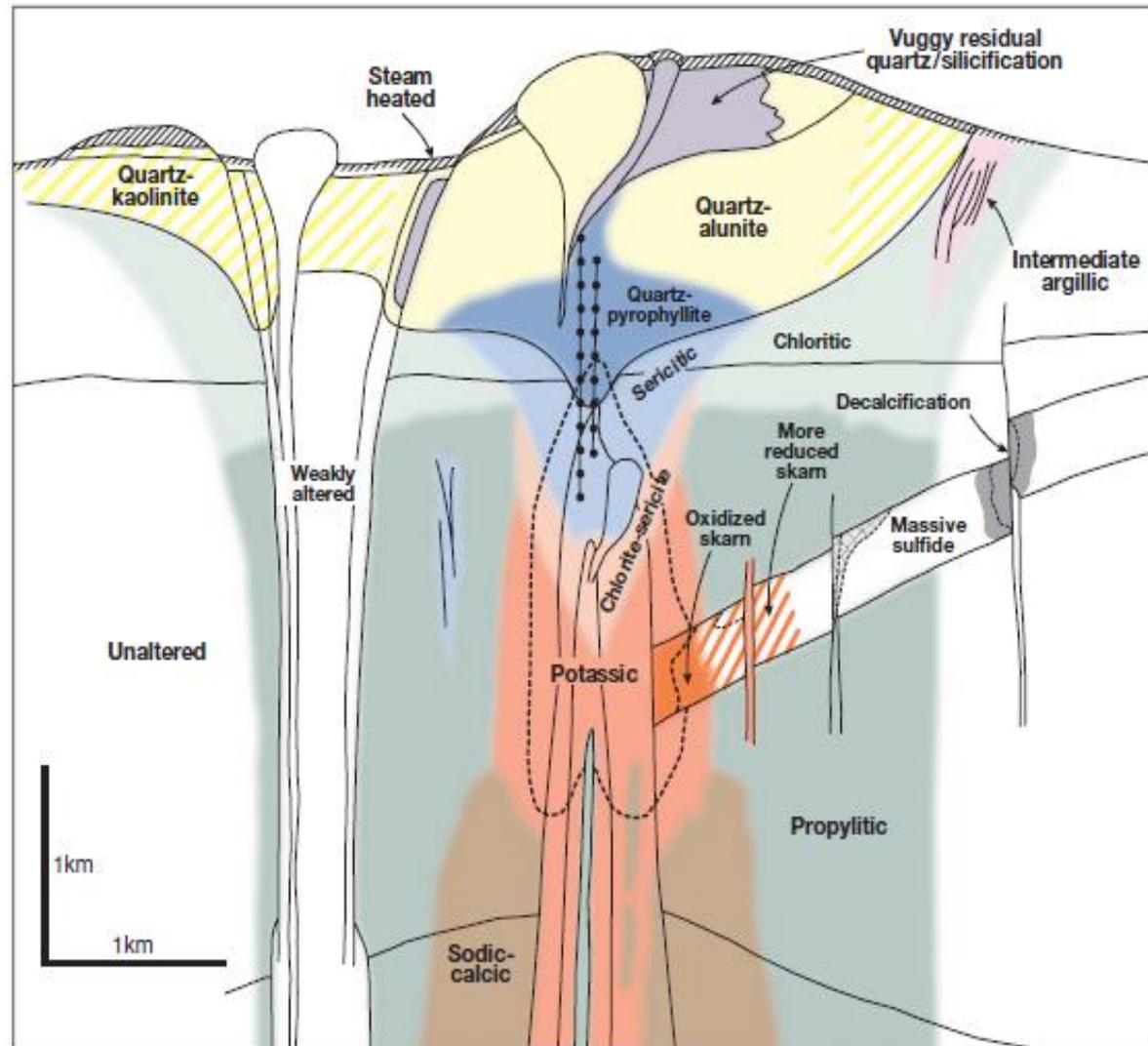
¿Cuándo y porqué se separa el fluido hidrotermal del magma?

Un fluido hidrotermal se genera a partir de un magma, el cual se separa en una fase hidrotermal y otra fase magmática. Esto ocurre cuando la **solubilidad de los volátiles en el magma disminuye**, separándose de este.

La manera de disminuir la solubilidad de los volátiles en un magma es de dos formas:

- 1) Debido a la disminución de la presión cuando ascienden los magmas (Primera ebullición)
- 2) Debido a la cristalización de un magma producto del enfriamiento de sistema (Segunda ebullición). Este segundo proceso es el mayor responsable de la generación de un fluido hidrotermal.

Modelo Genético

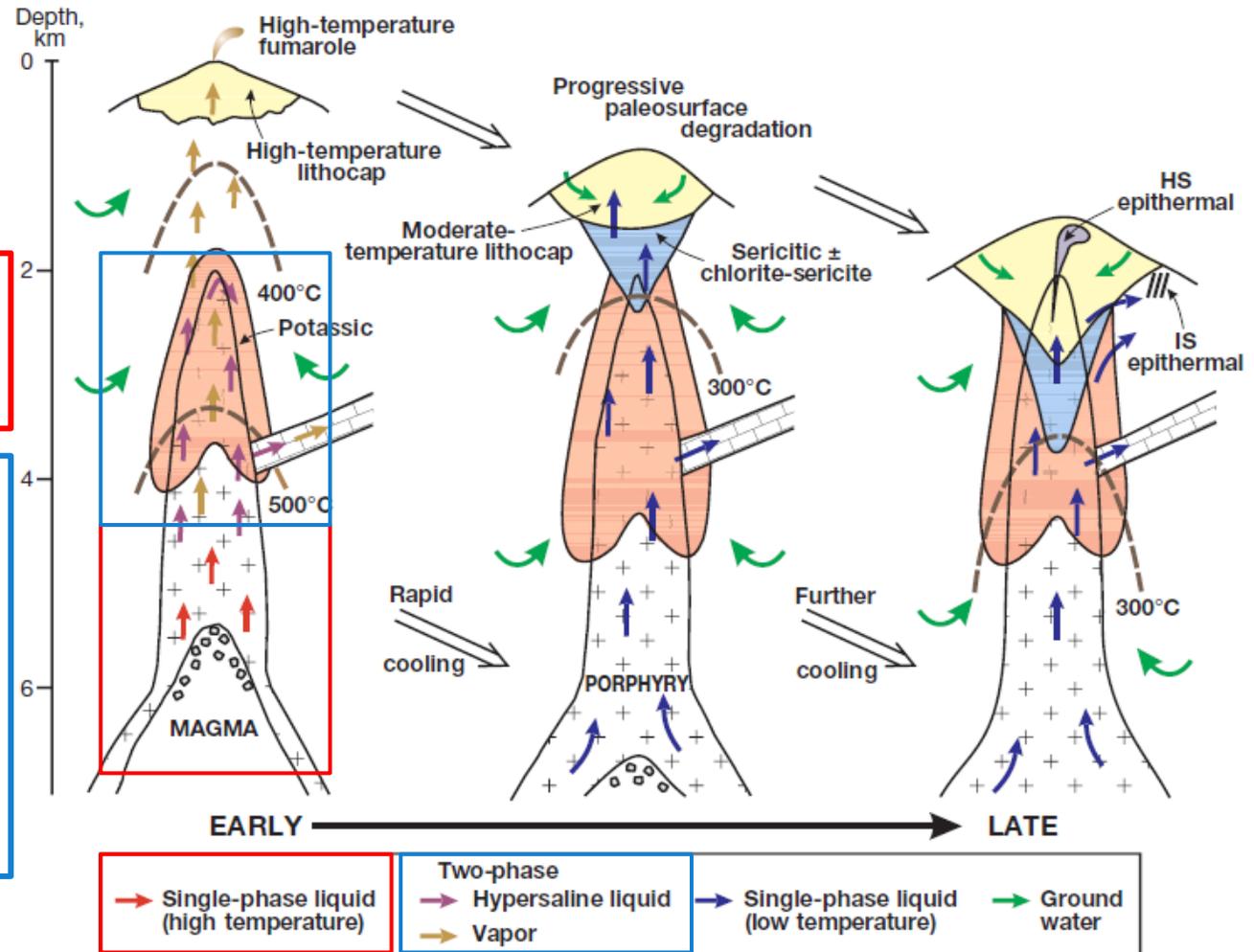


Modelo Genético

Fase temprana:

1. Exsolución y ascenso de un **fluido monofásico supercrítico** a altas presiones (1.5 kbar) y temperatura (800-1000 °C)

2. Separación de fases: **líquido hipersalino** y una **fase vapor** (500°C, 5 Kbar), esta separación de fases puede ocurrir directamente al exsolverse el fluido del intrusivo o al ascender. Este fluido generaría la **alteración potásica** y mineralización de Cu en profundidad, mientras que el vapor de baja densidad asciende a la superficie y forman **alteración argílica avanzada** (estadio fumarola).

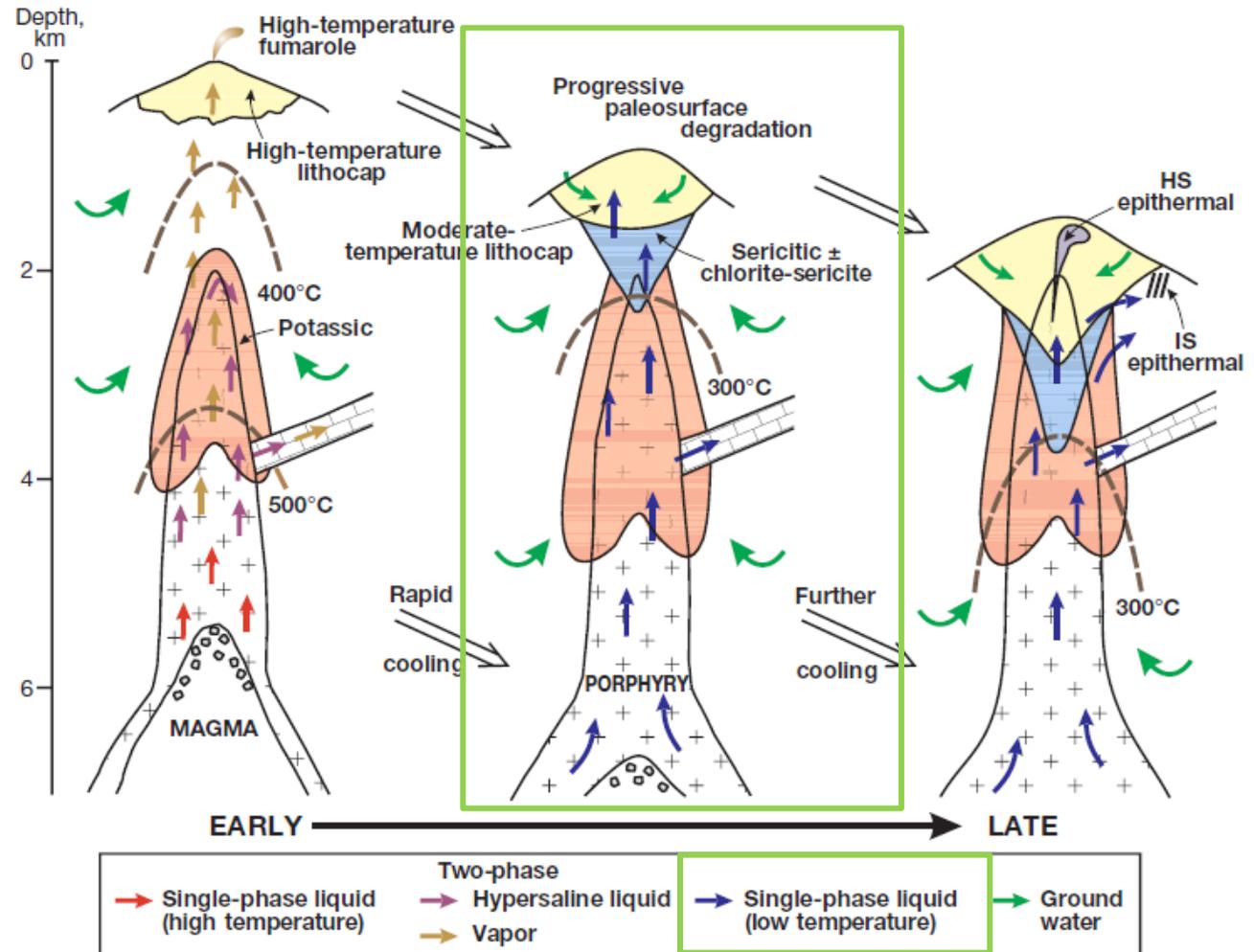


Modelo Genético

Fase intermedia:

El frente de cristalización avanza hacia abajo, la temperatura desciende y se da paso a un fracturamiento frágil, en conjunto con una degradación progresiva de la paleosuperficie.

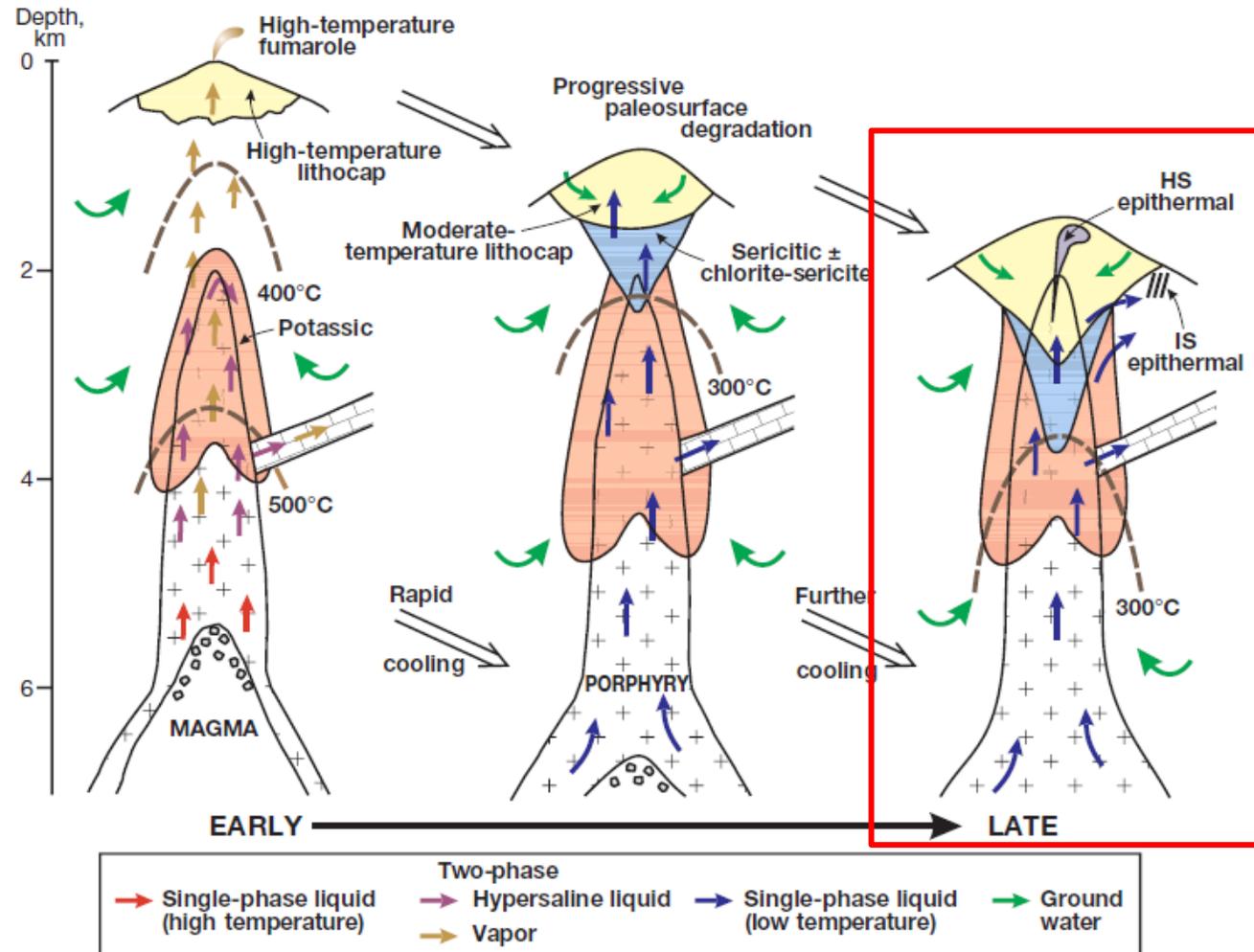
Se exsuelve **fase líquida de baja temperatura**, la cual asciende y genera las alteraciones sericítica y clorita-sericita



Modelo Genético

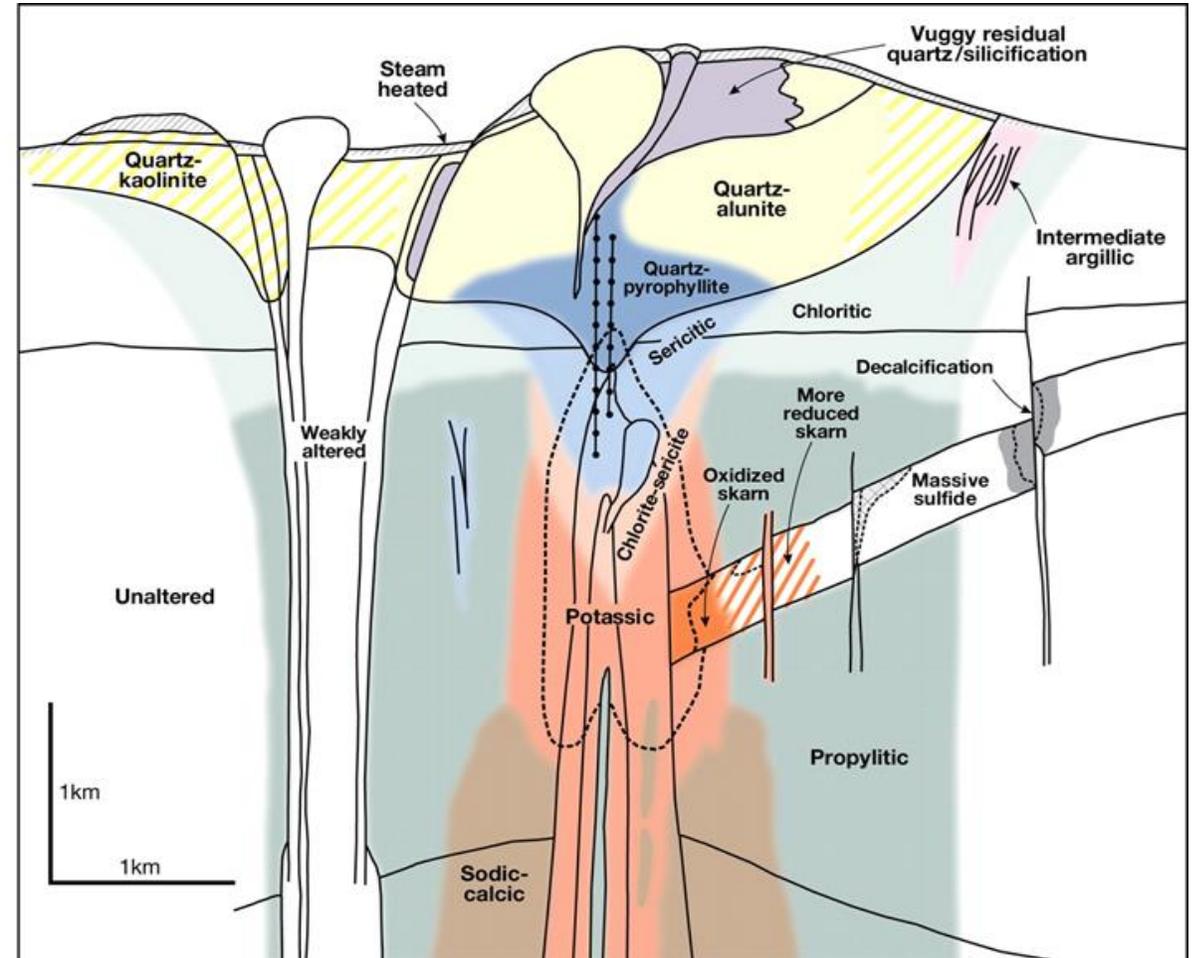
Fase tardía:

Este mismo líquido sigue ascendiendo hasta el lithocap (ambiente frío y con ausencia de buffer), donde evoluciona a un líquido de alta sulfidación que podría generar eventualmente un epitermal de alta sulfidación o, si este líquido se desvía y no llega al lithocap, podría re neutralizarse y formar un epitermal de sulfuración intermedia.



Zonas de alteración y minerales asociados

- Zona silíceo: en el núcleo, cuarzo, magnetita (estéril)
- Zona potásica: condiciones casi magmáticas en el centro con biotita, ortoclasa, cuarzo, anhidrita y magnetita; metasomatismo fuerte.
- Zona sericítica: en torno y sobrepuesta a zona potásica con cuarzo, sericita y piritita hasta 20% en volumen.
- Zona argílica: variable en intensidad, caolinita, montmorillonita, clorita, piritita.
- Zona propilitica: siempre presente en la periferia con clorita, epidota y calcita.
- Zona argílica avanzada: tardía y en la porción más somera con caolinita, alunita, pirofilita, cuarzo





TEXTURAS DE MENA Y GANGA

Texturas

Constituyente mineral se forma por

- a) **Deposición**
(Espacio abierto)
- b) **Reemplazo**
(Mxls pre-existentes)

- **Origen**
- **Historia** de los depósitos

Precipitación a partir de magmas silicatados:

Factores:

1. **Tiempo** de cristalización
2. **Cristalización simultánea** de silicatos

Precipitación a partir de solución acuosa (hidroT):

1. En espacios abiertos:

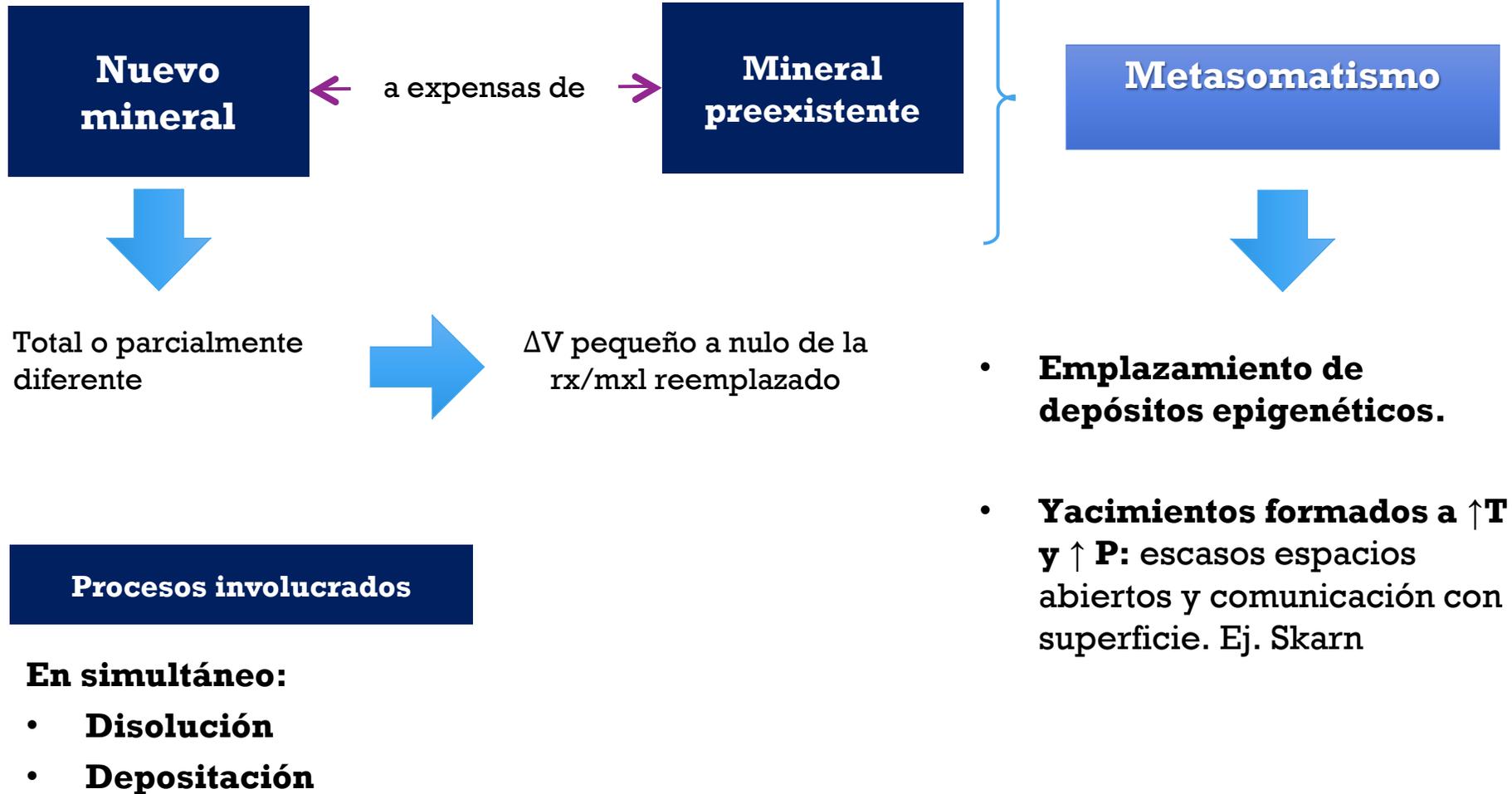
- a) Bien cristalizados
- b) Amorfos (a partir de coloides)

2. **Metasomatismo** → **reemplazo**

Texturas

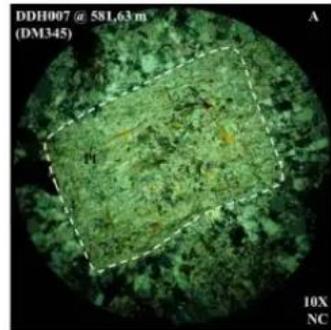
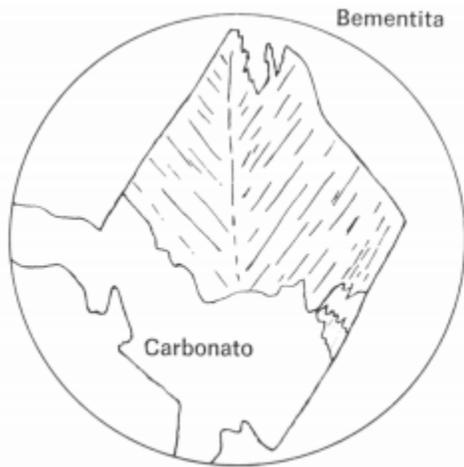
1. Reemplazo
2. Relleno
3. Coloidal

Texturas de reemplazo



Texturas de reemplazo

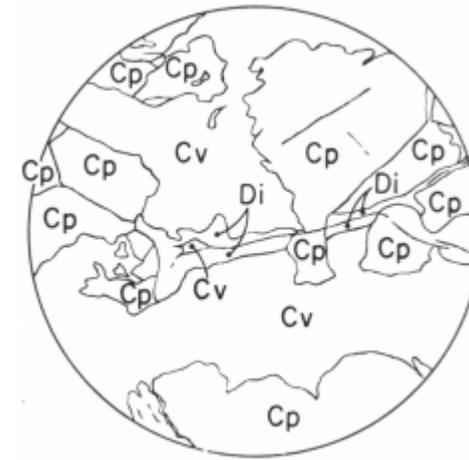
Pseudomorfos



Pseudomorfo de plagioclasa a sericita-muscovita

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

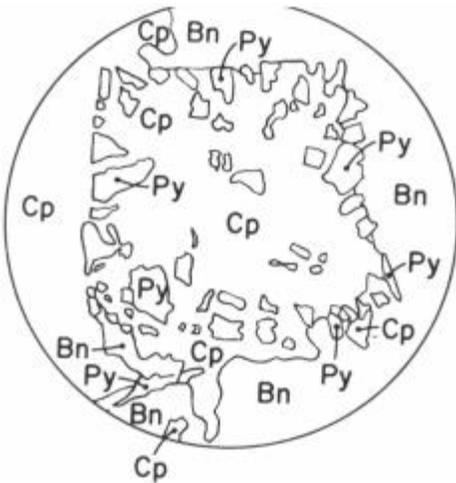
Masas irregulares desarrolladas a partir de un relleno de fractura



Desarrollo de un relleno de fractura en una masa irregular, en la cual la fractura corta granos minerales y lechos de roca químicamente reactivos. Veta de digenita (Di) y covelina (Cv) en calcopirita (Cp). Obsérvese cómo la veta de digenita se pierde donde la fractura cruza la calcopirita. Cananea, México. × 37,5.

Texturas de reemplazo

Islas de mineral huésped o de la roca encajadora no reemplazados



Islas de mineral huésped o roca de caja no reemplazadas. Cubo de pirita (Py) reemplazado en gran parte por calcopirita (Cp). La bornita (Bn) bordea partes del grano. Bisbee, Arizona. × 37,5.

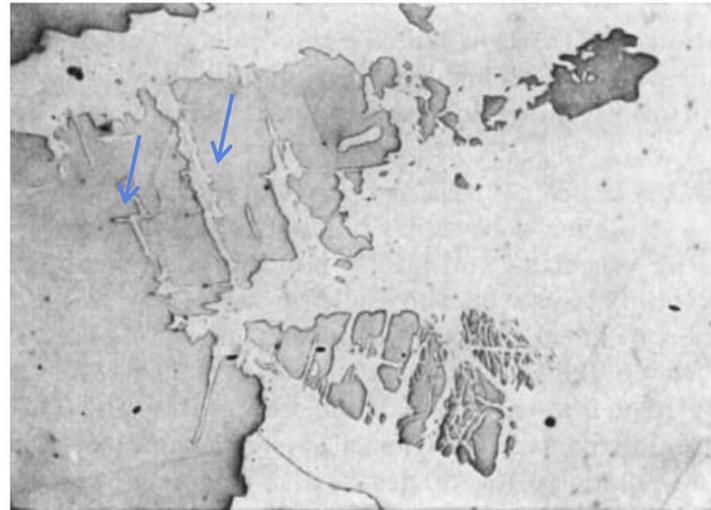
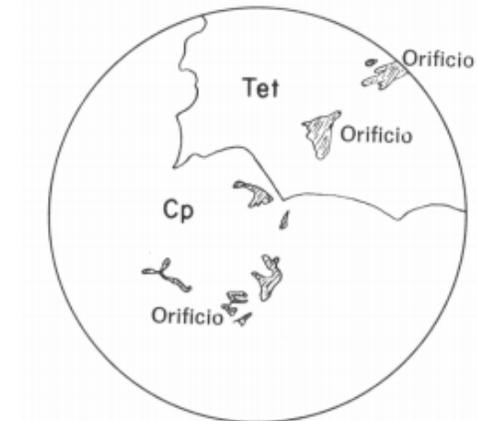


FIG. 189 65 × RAMDOHR
Lauterberg, Harz

Sphalerite (grey, strong relief) replaced by bornite (white). "Shredded" to "island shape" texture. A few grains of chalcocite (light white)

Superficies cóncavas hacia el huésped

cóncavas hacia el

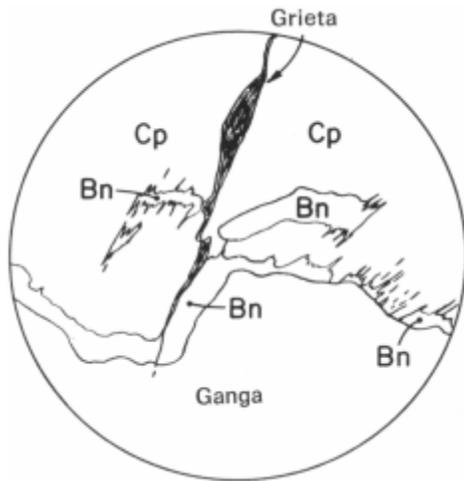


Superficies cóncavas en el huésped. Calcopirita (Cp) reemplazando tetraedrita (Tet). Coeur d'Alene, Idaho. × 45.



Texturas de reemplazo

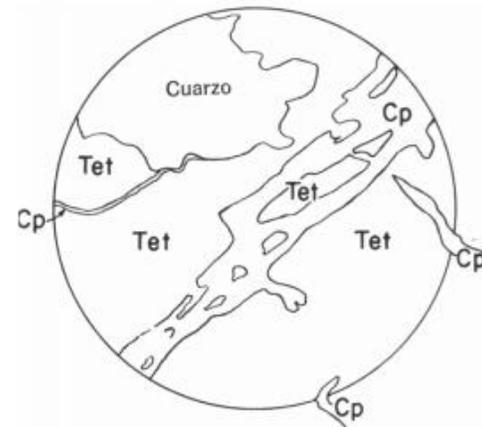
Bordes penetrando las direcciones cristalográficas del mineral huésped



Actúa hacia cualquier pequeña fractura/debilidad

Bordes que penetran las direcciones cristalográficas del mineral huésped. Bornita (Bn) en calcopirita (Cp). Cananea, México. × 40.

Fragmentos aislados con la misma orientación

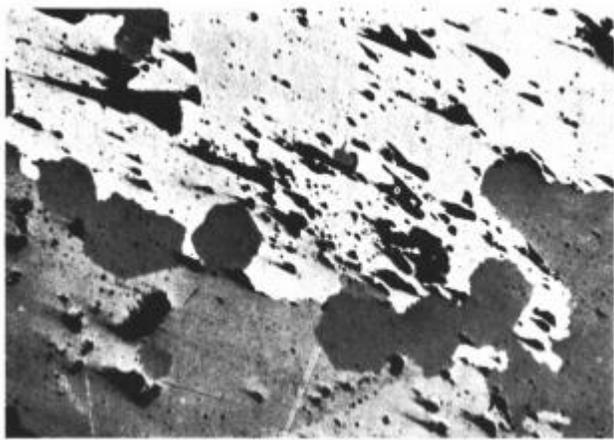


Mxl huésped rodeado por completo por mxl de reemplazo → sigue orientación preferencial

Fragmentos sueltos orientados. Tetrahedrita (Tet) en calcopirita (Cp). Coeur d'Alene, Idaho. × 45.

Texturas de reemplazo

Metacristales desarrollados en relación a fracturas, planos de exfoliación o límites de cristales



Evidente deposición de metacristales en relación con fracturas, planos de exfoliación o límites de cristales. Cuarzo reemplazando siderita. Příbram, Checoslovaquia. × 160. (Según Kutina, 1963.)

Reemplazo a través de zonas de debilidad/preferenciales

Preservación de estructuras y texturas originales

No hay obliteración de textura o estructuras originales.

- Ej. Fósiles reemplazados por esfalerita y galena

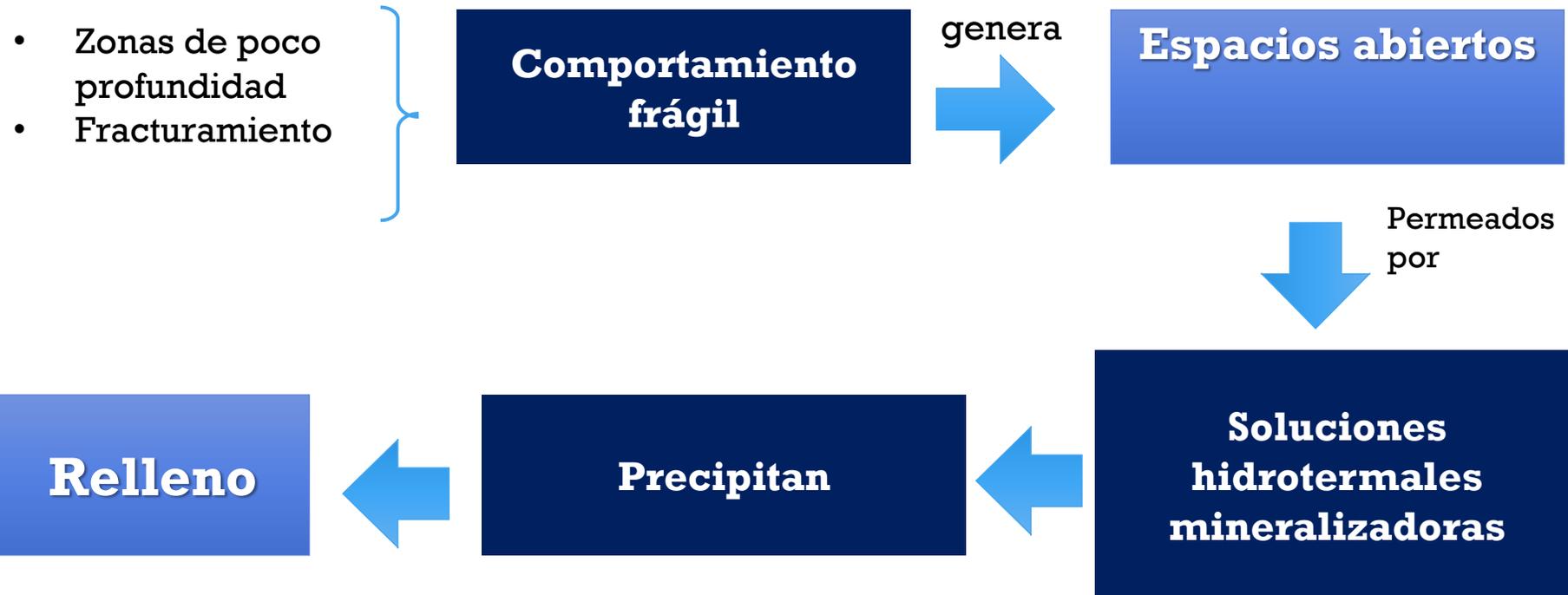
Cristales doblemente terminados



Cristal bipiramidal de cuarzo procedente de un filón de estibina, Wolf Creek, distrito de Fairbanks, Alaska, conteniendo cristales de estibina (antimonita). El cuarzo parece formarse por reemplazamiento de los minerales de ganga del filón. × 18. (Recogido por P. O. Sandvik, foto de W. J. Crook.)

Si crece a partir de una pared sólo desarrolla caras en lado libre.

Texturas de relleno



Cristales crecen por:

- Nucleación dentro de la solución
- Nucleación en superficie rocosa

Dadas ciertas condiciones físico-químicas

Texturas de relleno

Muchas cavidades y drusas

- Relleno incompleto
- Crecimiento desde fuera hacia adentro



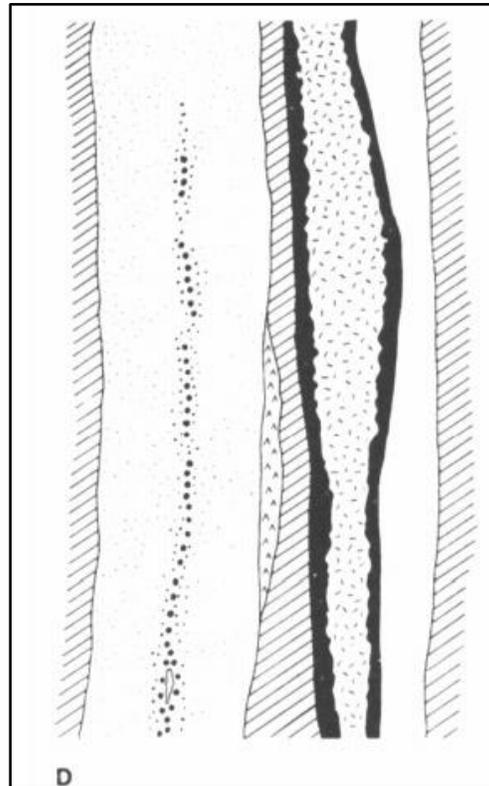
Minerales de grano fino en las paredes de una cavidad y minerales más gruesos hacia el centro



- Por gran diferencia de T entre roca huésped y fluido hidrotermal
- A poca profundidad

Texturas de relleno

Crustificación



- Vetas bandeadas
- Bandas de distinta composición

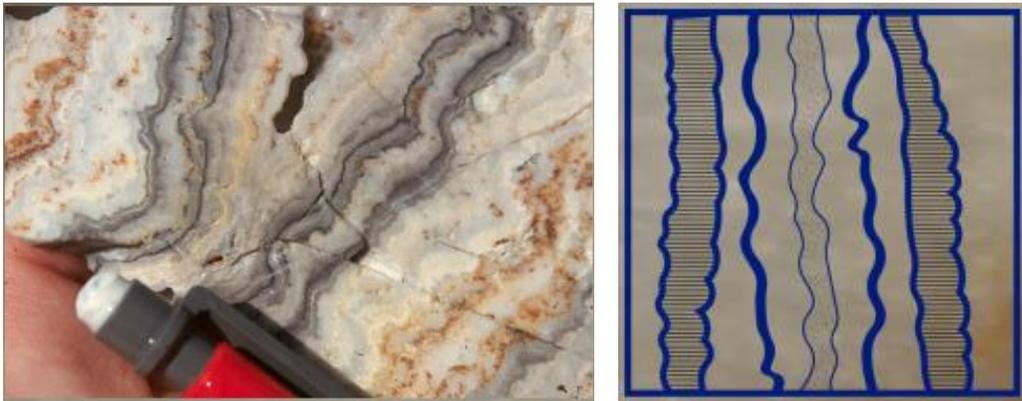
Estructura de peineta o en cresta



- Cristales crecen desde las paredes hacia el interior
- Interdigitación de cristales

Texturas de relleno

Bandeamiento simétrico

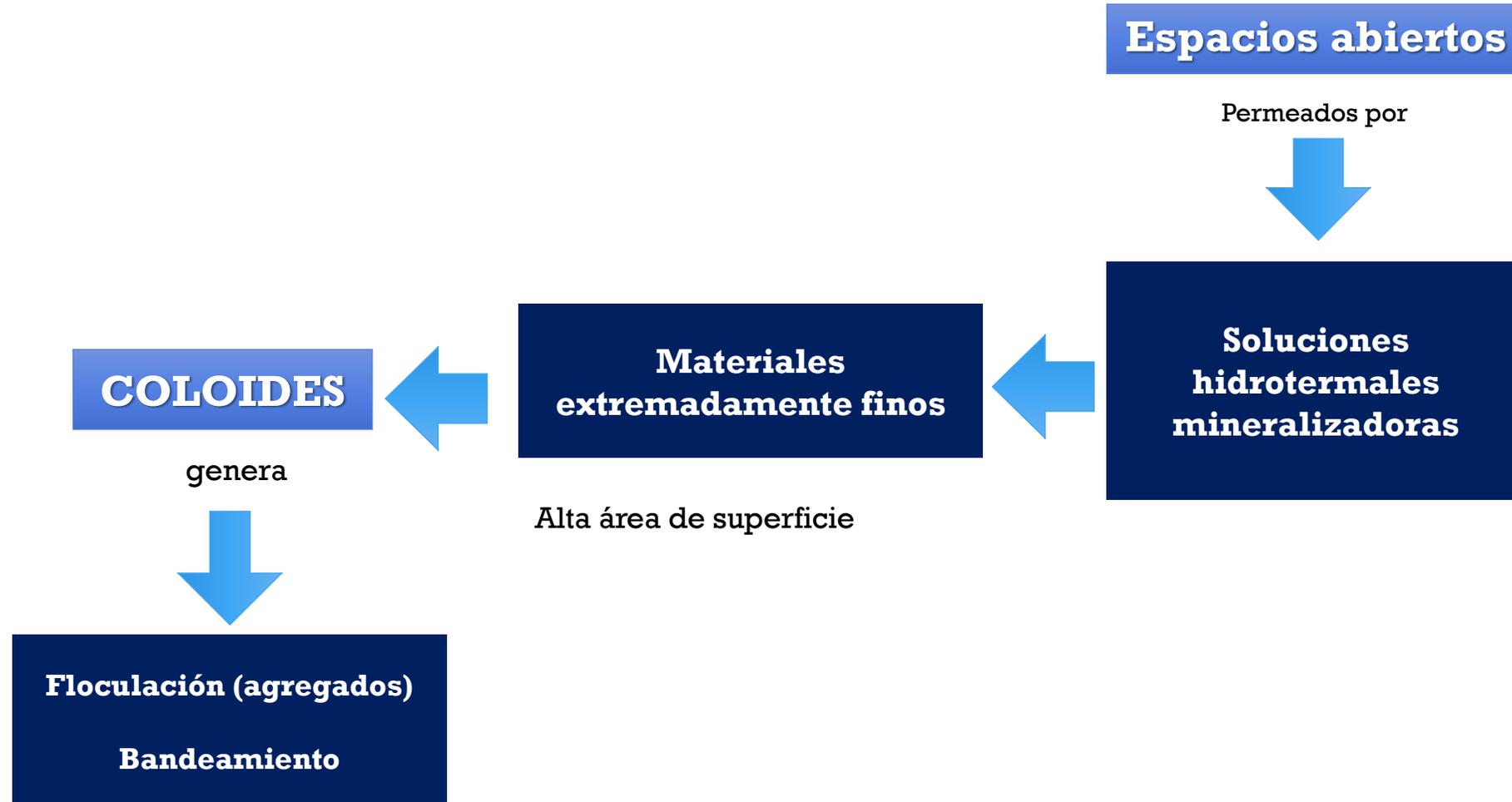


- Vetas simétricas bandeadas
- Bandas de distinta composición, según patrón simétrico

Paredes similares

- Al eliminar relleno de vetas, paredes de la roca huésped encajarían.

Depósitos Coloidales



Texturas Coloidales

Texturas coloformes

- Bandeamiento muy fino



- Absorción de materiales extraños que originan una composición variable → *Coloides son como esponjas de iones*
- Estructura no cristalina y caótica
 - Minerales amorfos.
 - Colides inestables.
 - Puede no ser amorfo en la actualidad y cristalizar.



Texturas Coloidales

Esferoides

- Masas de chert con estructuras como pisolitos
- Redondez debido a tensión superficial del líquido.





ALTERACIÓN POTÁSICA

Alteración Potásica



Alteración Potásica

- Producto de intercambio catiónico de K^+
 - *Ej: Reemplazo de Ca^{2+} y Na^+ por K^+ en solución, en la superficie de minerales.*
- Temperatura:
 - *400-800 °C: Selectiva y penetrativa*
 - *350-400 °C: Biotita en vetillas*
 - *300-350 °C: Feld-K en vetillas*
 - *Mineralización en vetillas sugiere $T < 400^\circ$*

Alteración Potásica (rica en biotita)

- **Minerales característicos: Biotita (flogopita), feldespato potásico (ortoclasa), magnetita.**
- **Minerales asociados:** cuarzo, pirita, anhidrita, albita (plagioclasa Na), actinolita, rutilo, apatito, sericita, clorita, epidota.
- **Generalmente en el núcleo de depósitos tipo pórfido, particularmente en intrusiones de composición más máfica (diorita, monzonita, granodiorita), o rocas de caja volcánica/volcanoclástica máficas a intermedias. Puede gradar hacia afuera a zonas de alteración propilítica.**

Alteración Potásica (rica en biotita)

Formación Biotita Secundaria:

- $Hbl + (H^+, Mg^{+2}, K^+) \rightarrow Bt + (Na^+, Ca^{+2})$.
- *Bt primaria* \rightarrow *Bt secundaria*.

Alteración Potásica

- **Minerales característicos: Feldespato potásico (ortoclasa o microclina)**
- **Minerales asociados: cuarzo, albita, moscovita, anhidrita, epidota.**
- **En el núcleo de depósitos tipo pórfido, particularmente en intrusiones de composición félsica (granodiorita- cuarzo monzonita, granito, sienita).**

Alteración Potásica

- **Minerales característicos:** Feldespato potásico (ortoclasa o microclina)
- **Minerales asociados:** cuarzo, albita, moscovita, anhidrita, epidota.
- **En el núcleo de depósitos tipo pórfido, particularmente en intrusiones de composición félsica (granodiorita- cuarzo monzonita, granito, sienita).**
- **Formación de Feldespato Potásico Secundario:**
 - *Plagioclasa + K⁺ → Feld - K⁺ (Na⁺, Ca⁺²).*

Alteración Potásica



- Mineralogía:
 - Feld-K y/o biotita**
 - ± cuarzo, sericita, clorita
 - Magnetita/hematita y anhidrita
- Temperatura: Alta, **400-600°C**
- Condiciones de pH: **neutro a alcalino**
- Selectiva, a veces pervasiva
- Profundidad: Pórfido

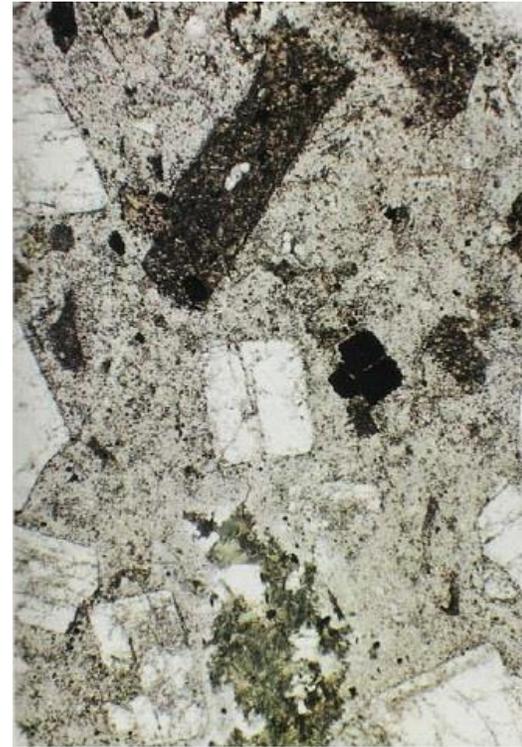
Biotita - Alteración Potásica



(HS) Bt a lo largo de veta de qz + feldK-moli-cpy -py. FOV = 10 cm



(TS) Bt de la muestra de mano anterior. FOV = 3 mm



(TS) Bt reemplazando matriz y bt ígnea recristalizando. FOV = 3 mm



(TS) Bt de grano fino reemplazando fenocristales de hornblenda. FOV = 1,5 mm

Biotita - Alteración Potásica



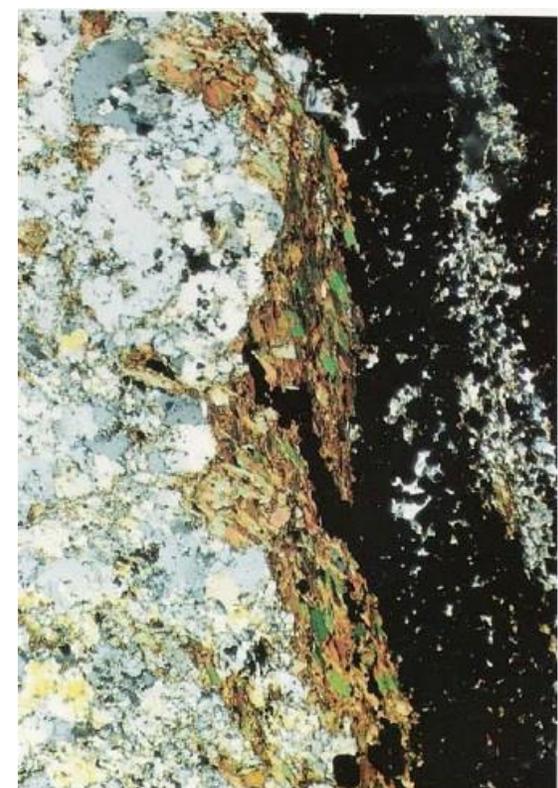
(HS) Bt alrededor de veta de cl-ch-act-py. FOV = 7 cm*



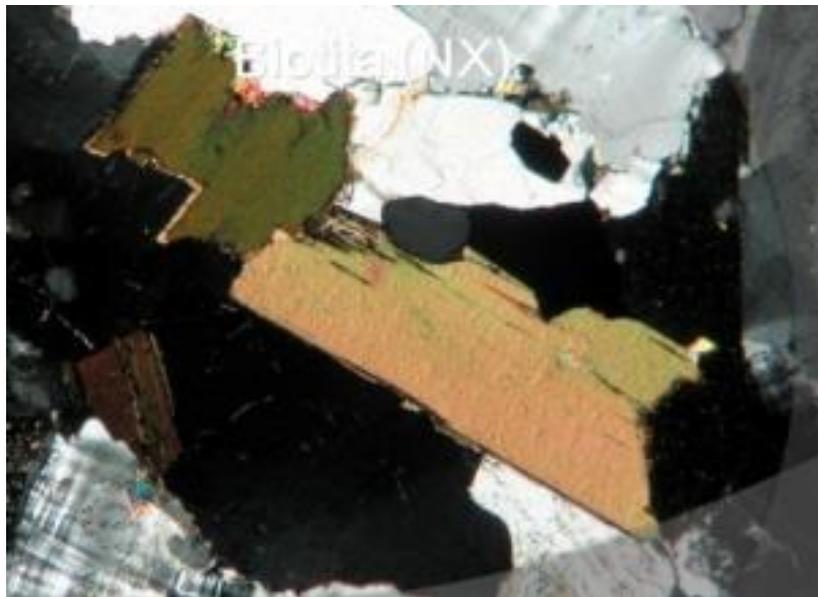
(DC) Bt alrededor de vetilla de pirita. FOV = 10 mm*



(TS) Bt reemplazando clpx en diorita. FOV = 1,3 mm*



(TS) Bt en una veta de py-qz FOV = 1,3 mm*



[Biotita-microscopio](#)



[Biotita-más-información](#)

Biotita

Alteración Potásica

- **Color:** Tonos marrones.
- **C.I:** Hasta 2° orden o enmascarados.
- **Pleocroísmo:** Intenso (verde a marrón).
- **Hábito:** Típicamente anhedral, en vetillas, reemplazando e intercrecida con agregados de grano pequeño.
- **Otros:** Pervasiva, selectivamente pervasiva y controlada por vetillas. Comúnmente reemplaza minerales ferromagnesianos.

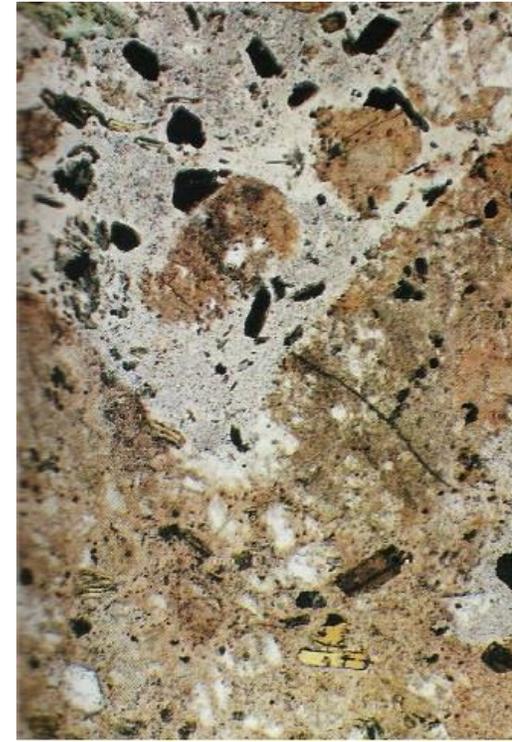
Feld – K - Alteración Potásica



(HS) Diorita alterada por feld-K.
(Arriba muestra sin teñir y abajo teñida)
FOV = 13 cm*



(TS-XPL) Fenocristales de plg ígnea con bordes de feld-K secundario.
También bt secundaria y plg → ser
FOV = 3 mm*



(TS-PPL) Área marrón: frente de alteración de feld-K.
FOV = 3 mm*



(TS-XPL) Imagen anterior en NX.
Notar plg siendo alterados con feld-K
FOV = 3 mm*



 [Feld-K-microscopio](#)

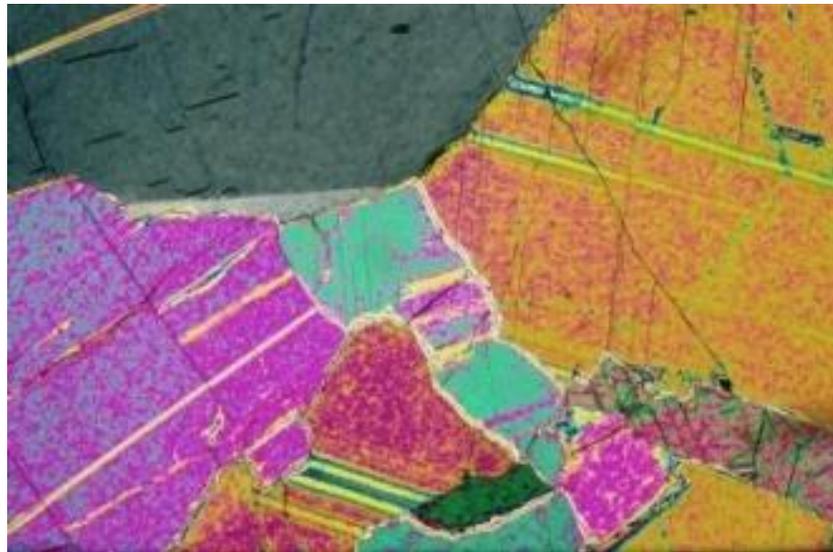
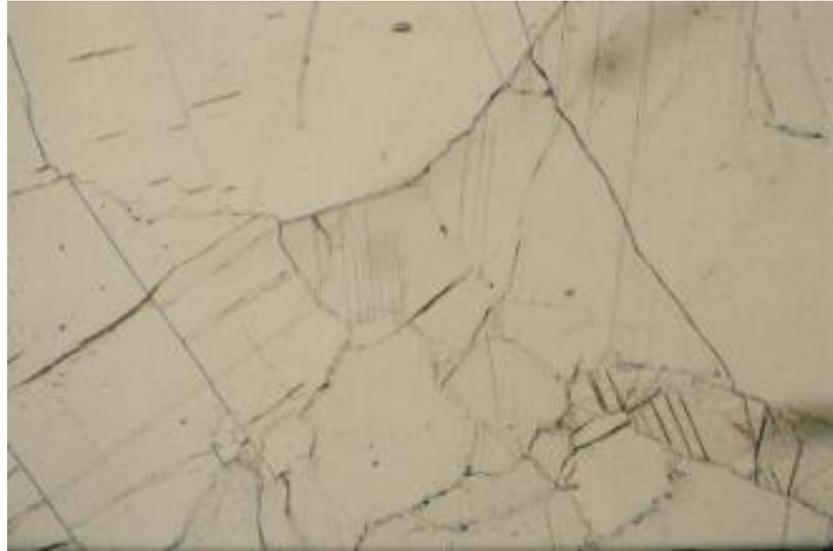


[Feld-K-más-información](#)

Feld-K

Alteración Potásica

- **Color:** Incoloro
- **C.I:** 1° orden
- **Hábito:** Prismático anhedral o subhedral
- **Otros:** Aspecto nuboso o sucio



 [Anhidrita-
microscopio](#)

 [Anhidrita-más-información](#)

Anhidrita

Alteración Potásica

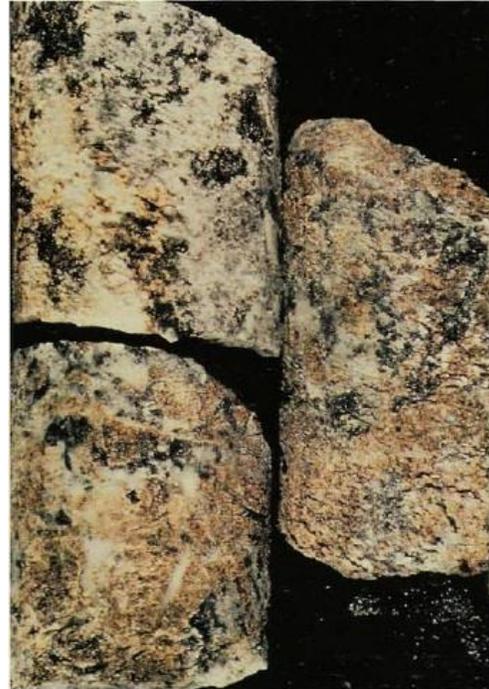
- **Color:** incoloro a pálido (en tonos azul, rosado o marrón)
- **Relieve:** Moderado
- **Extinción:** Recta
- **C.I:** Hasta 3er orden
- **Otros:** Clivaje perfecto. Rellenando vetillas o cavidades en agregados de grano fino.

Anhidrita



(DC) Vetas de anhidrita en monzonita alterada a bt y feld-K.

*



(DC) Relleno de anhidrita en cavidades y vetillas entre granate y bt.

FOV = 14 cm*



(TS-XPL) Anhidrita relleno espacio entre granates. FOV = 1, 25 mm*





[Yeso-microscopio](#)



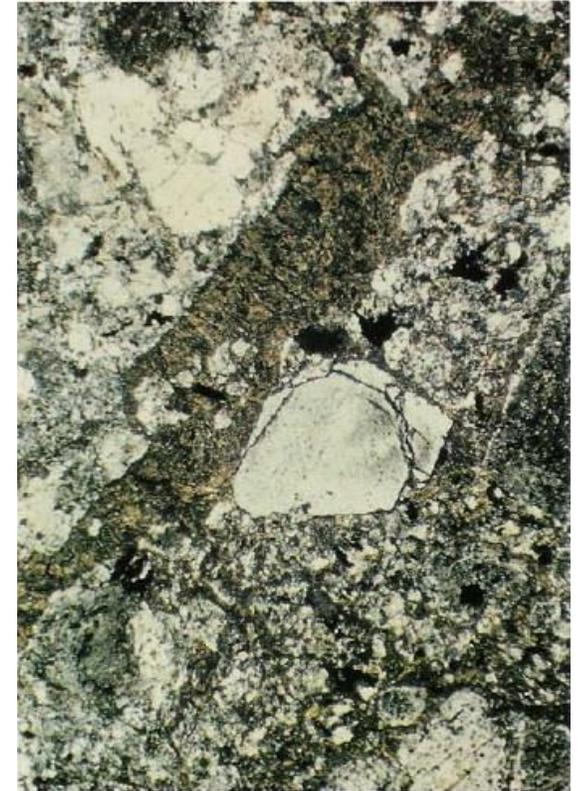
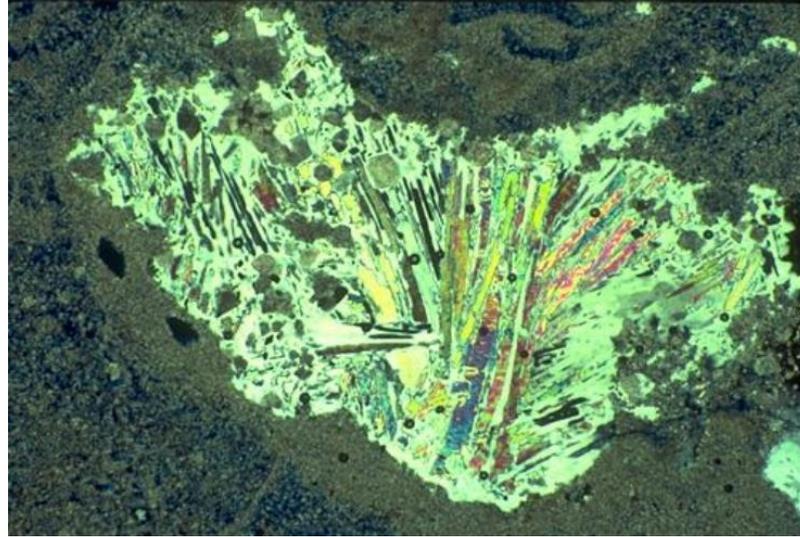
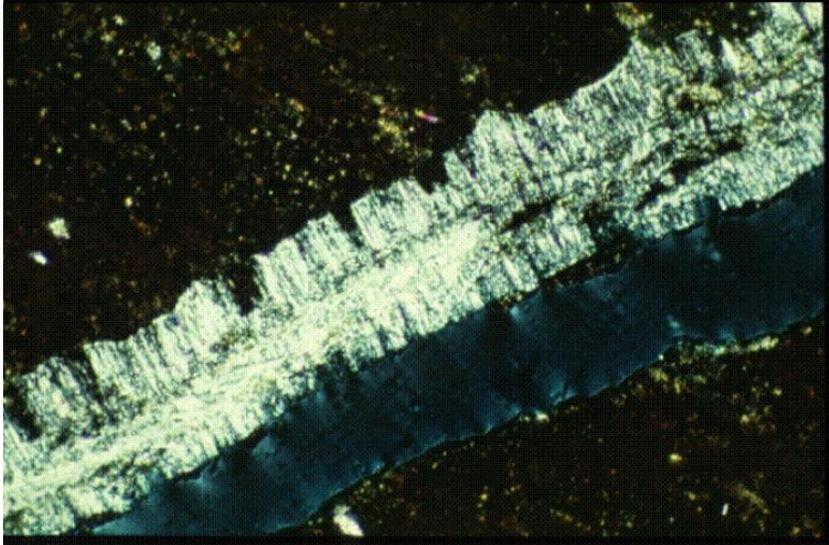
[Yeso-más-información](#)

Yeso

Alteración Potásica

- **Color:** incoloro
- **Extinción:** Oblicua
- **C.I:** Hasta 1er orden
- **Hábito:** Rellenando vetillas, como reemplazo por hidratación de anhidrita.

Yeso



(TS- XPL) Vetas de yeso en roca alterada con feld-K y apatito primario centro de la foto) FOV = 3 mm.*





vet qtz

vet qtz-mgt



vet qtz

vet qtz-mgt

vet qtz

vet qtz-mgt



F-211-90
70-1101-02
F-211-90



ALTERACIÓN POTÁSICA

Próxima Clase

Alteración Propilítica

- Clorita
- Epidota
- Albita
- Calcita
- Actinolita
- Cuarzo

Corbett y Leach,
1998. SEG Special
Publication N° 6

