



Metalogénesis Otoño 2010

Alteración Hidrotermal

Segunda parte

Susana Henríquez G.

Alteración Fílica

❖ principalmente cuarzo y sericita con mxs. accesorios como clorita, illita y pirita.

❖ T°: 100° - 250°C

❖ pH: 5 - 6



Asociación mineral de alteración Fílica

Alteración Fílica (rica en sericita)	Halo periférico alrededor del núcleo de porfidos , puede sobreponerse a la alteración potásica mas temprana y puede albergar mineralización importante
Minerales característicos	SERICITA (MUSCOVITA-ILLITA)
minerales asociados	cuarzo, pirita, clorita, hematita, anhidrita

Alteración Qz-sericita	
Minerales característicos	SERICITA, CUARZO
minerales asociados	<u>montmorillonita, kaolinita</u> , cuarzo, calcita, dolomita, pirita

Asociación mineral de alteración Fílica

SERICITA	$(K,Na)Al_2Si_4O_{10}(OH)_2$
características	blanca , gris, verdosa, brillo vítreo, seroso a nacarado. Aspecto “azucarado” por el brillo Variedad de moscovita degradada el K



CUARZO	$SiO_2/SiO_2 \cdot nH_2O$
características	blanco lechoso, amorfo; H:7 pero puede bajar si esta junto con otros minerales (anhidrita, sericita); ocurre en espacios abiertos o en reemplazo parcial o total de la roca

Alteración Argílica / Argílica intermedia

- ◆ Formación de minerales de arcilla a partir de las plagioclasas con mayor o menor cuarzo.
- ◆ Temperatura: 150 – 300°C
- ◆ Ph: 4-5
- ◆ Rango transicional : 3 – 4



ARGILICA O ARGILICA INTERMEDIA

Puede formar zonas de alteracion entre la alteracion argilica avanzada y la propilitica, particularmente en sistemas de alta sulfidizacion

Minerales caracteristicos

caolinita, monmorillonita, illita, smectita

minerales asociados

cuarzo, piritita

Asociación mineral de Alteración Argílica / Argílica intermedia

ILLITA $(K, H_3O)(Al, Mg, Fe)_2(Si, Al)O_{10}[(OH)_2 \cdot 2H_2O]$

Grupo de minerales de **arcilla**. Usualmente blanco o crema.

Típicamente ocurre como reemplazo de rocas volcánicas o menos comúnmente llenando espacios abiertos. Si la alteración es muy intensa

características **puede destruir la textura original** de la roca.

Su rango de estabilidad es de **200 a 300°C**. A temperaturas >300°C se produce muscovita y <200°C crece esmeclita intercrecida con illita o puede dominar la esmeclita sobre illita preexistente.



Asociación mineral de Alteración Argílica / Argílica intermedia

ESMECTITA $(0,5\text{Ca}, \text{Na})_{0,7}(\text{Al}, \text{Mg}, \text{Fe})_4[(\text{Si}, \text{Al})_8\text{O}_{20}]\text{OH}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

características Grupo de minerales (el mas común es **montmorillonita**, dureza **1,5-2**) típicamente como mineral de reemplazo en **asociación con ceolitas** de baja temperatura, o eventualmente llenando espacios abiertos. Se forman en la presencia de **fluidos termales neutro a ácidos**, a temperaturas **>140°C**. A mayores temperaturas intercrecida con illita.



Asociación mineral de Alteración Argílica / Argílica intermedia

CAOLINITA



Arcilla comúnmente **blanca** pero puede mostrar tonos azules o azul-verdoso. **Dureza 1,5 - 2**. Típicamente produce un **reemplazo pervasivo** en la roca, **selectivo de feldespatos** o llena **vetillas o cavidades**.

características

Afloramientos son típicamente blancos o canela, puede tener el exterior café o naranja producto de la oxidación por la meteorización de la piritita.



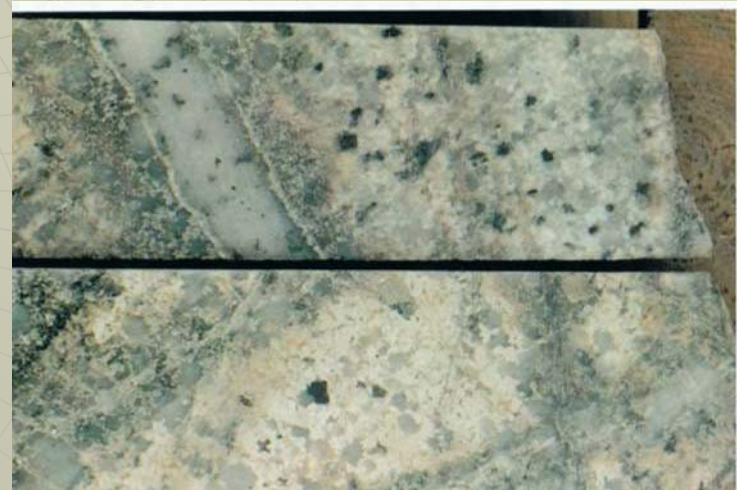
Asociación mineral de Alteración Argílica / Argílica intermedia

Para diferenciar los tipos de arcillas se utiliza **difracción de rayos X**.

Si se consideran las condiciones de estabilidad, podemos tener una idea de que es lo mas probable que este asociado. Por ejemplo :

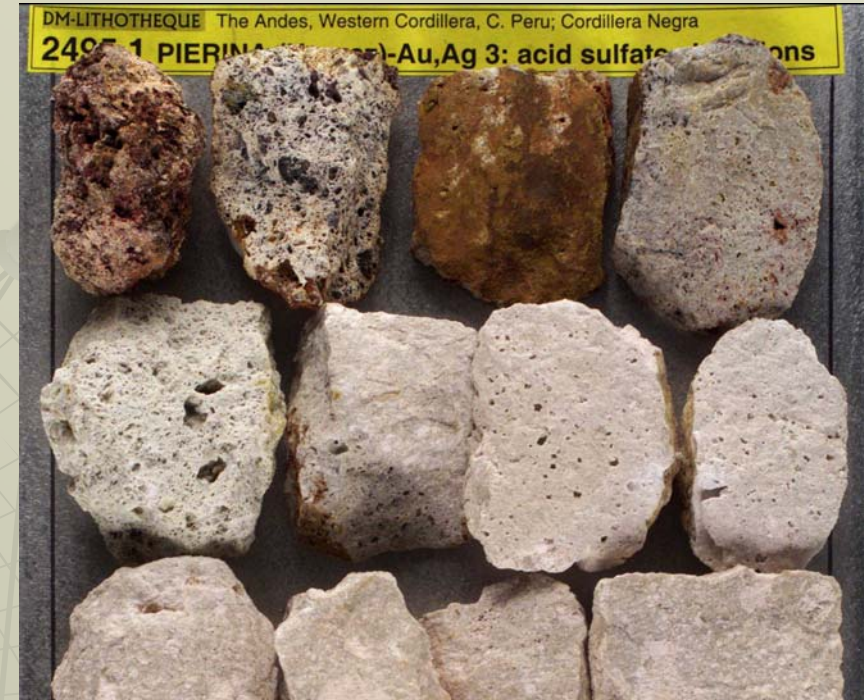
Clorita \leftrightarrow esmectia

Alunita \rightarrow Caolinita – pirofilita



Alteración argílica avanzada

- ◆ Se produce por una extrema lixiviación debida a la circulación de fluidos muy ácidos y altas razones agua/roca.
- ◆ Temperatura : amplio rango
- ◆ Ph: 1 – 3,5



ARGILICA AVANZADA	Forma amplias zonas en las partes superiores de algunos sistemas porfíricos y halos alrededor de depósitos epitermales de alta sulfidización.
Minerales característicos	CUARZO, CAOLINITA, ALUNITA
minerales asociados	diásporo, pirofillita, rutilo, pirita, hematita, etc

Minerales alteración argílica avanzada

CUARZO OQUEROSO O VUGGY

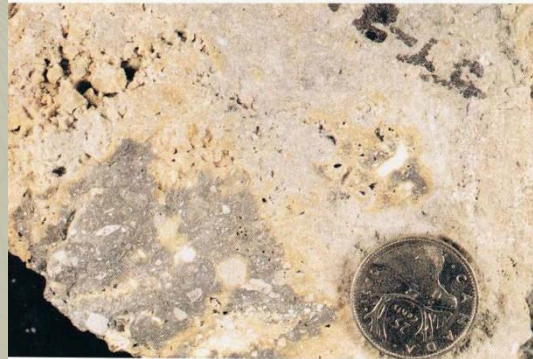
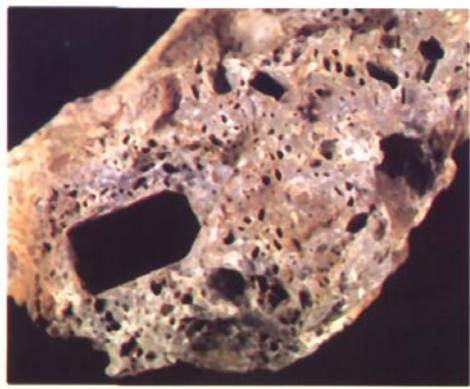
SiO_2

características

Usualmente **verde o blanco**, concavidades que van de $< 1\text{mm}$ a $> 5\text{ cm}$. Se produce por la reacción de la roca con una solución extremadamente acida (**Ph muy bajo**).

Se caracteriza por **cuarzo de grano fino con numerosos espacios abiertos** que pueden estar llenados por una variedad de minerales. Los **espacios** se forman por la **disolución de fragmentos o fenocristales** de la roca.

Además estas **cavidades** pueden estar **forradas** por minerales como cuarzo, enargita, pirita, etc. En muchos casos estos sulfuros son oxidados generando capas de **jarosita limonita**.



Minerales alteración argílica avanzada

ALUNITA



Alunita Hipógena puede ser blanca, rosada o canela. Diseminada o de grano grueso le da una apariencia brillante a la roca.

Frecuentemente **reemplaza** fenocristales de **feldespato** produciendo **pseudomorfos** blancos. Su dureza 3.5 a 4, raya blanca y cristaliza en **Ph>2**.

Común en brechas hidrotermales junto con silicificación o cuarzo oqueroso (vuggy).

características



Silicificación

- ◆ Silicificación se infiere de una apariencia a veces **blanquecina** y una **gran dureza** en la roca.
- ◆ Es **común** en muchos sistemas hidrotermales donde la precipitación de sílice es típicamente un **resultado del descenso de la temperatura del fluido**.
- ◆ Puede estar estructuralmente controlada (bordes de vetillas o zonas de stockwork) o estratigráficamente controlada por unidades permeables.



Minerales asociados a alteración

ANHIDRITA	CaSO_4
características	Blanca a violeta, H: 3, clivaje cúbico. En vetillas o cavidades y/o reemplazando mxx de la roca caja. Cerca de la superficie suele ser reemplazada por yeso.



Minerales asociados a alteración

TURMALINA	$(\text{Na,Ca})(\text{Mg,Fe,Mn,Li,Al})_3(\text{Al,Cr,Fe,V})_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}](\text{BO}_3)_3(\text{OH,F})$
características	Negra, verde, etc., H: 7, raya blanca, fractura concoidal. Generalmente como matriz en brecha hidrotermal o rellenando espacios abiertos.

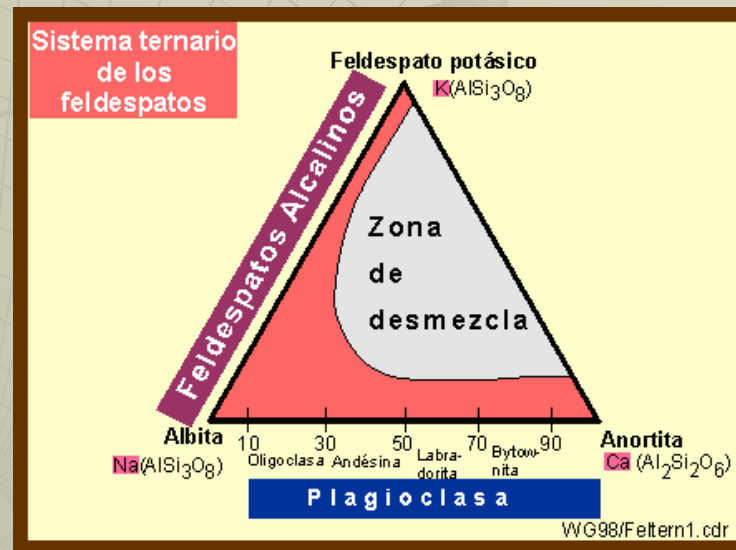


Altercación hipógena & rocas meteorizadas

- ◆ Pueden ser difíciles de diferenciar cuando la intemperización de rocas ricas en **pirita** genera **ácido sulfúrico** que ataca los minerales de la roca
 - esto genera asociaciones minerales similares a alteración argílica moderada e incluso avanzada.
- ◆ Su diferenciación no es sencilla. Para hacerlo hay que fijarse en los siguientes aspectos:

Altercación hipógena & rocas meteorizadas

- ❖ Rocas ígneas con feldespatos alcalinos → la presencia de núcleos **relictos de feldespato alcalino** sugiere que la roca no sufrió ni alteración argílica avanzada ni fílica.



- ❖ Rocas ígneas sin feldespatos alcalinos → abundante **esmectita** (en ves de sericita o caolinita) indica la carencia de alteración fílica o argílica avanzada. La esmectita solo puede ser estable en la alteración argílica intermedia o intemperización.

Altercación hipógena & rocas meteorizadas

- ❖ Rocas con **magnetita o biotita de grano grueso** → indica que no sufrieron alteraciones argílicas porque estos minerales habrían sido alterados rápidamente (Mgt a hematita rutilo y/o pirita y Bt a cloritas y arcillas).
- ❖ Halos de alteración cuarzo sericita en las rocas intemperizadas puede confundirse con **vetilleo de cuarzo gris** pero dado que a mezcla Qz y Ser es muy resistente se pueden reconocer texturas relictas de la alteración

❖ Alunita hipógena versus alunita supérgena

Supérgena

- ◆ En fracturas abiertas sin otro minerales
- ◆ Ausencia de halos en vetillas de alunita
- ◆ Ausencia de evidencia de formación de sulfuros asociados con alunita
- ◆ Suele ser mas masiva, porcelanada, blanca a amarilla mezclada con sericita.

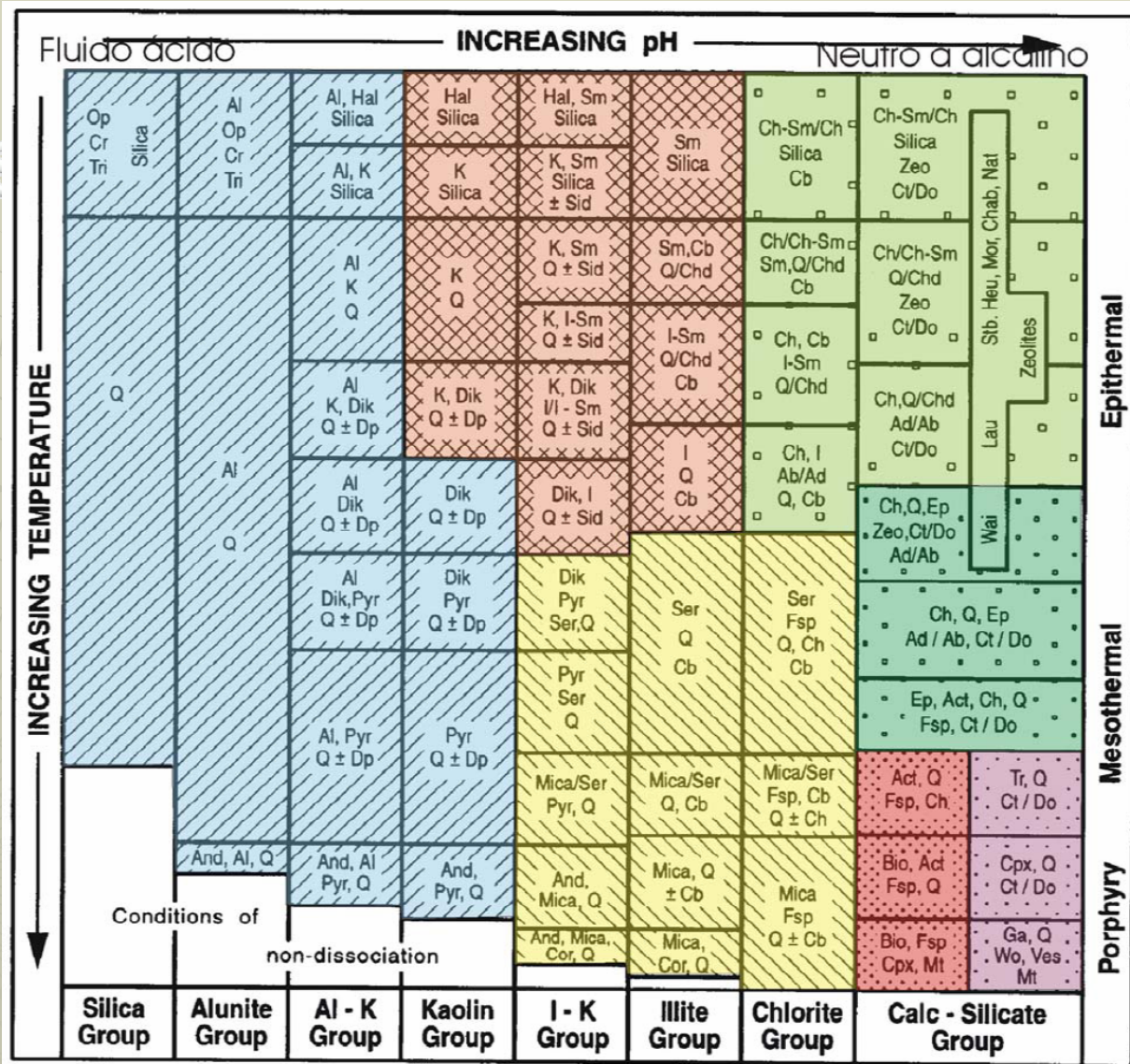
Hipógena

- ◆ En vetillas asociada con minerales hidrotermales.
- ◆ Halo de alteración hidrolítica
- ◆ Evidencia de sulfuros intercrecidos con alunita (como bxw de pirita)
- ◆ Puede ser fina o de grano grande, blanca amarilla o rosada

Tabla alteraciones

	Potassic
	Skarn
	Phyllic
	Propylitic
	Argillic
	Outer / Sub Propylitic
	Advanced Argillic

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



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

Brechas Hidrotermales

- ◆ Una brecha es “**una roca clástica compuesta de fragmentos unidos por una matriz, que contiene cavidades rellenas de minerales hidrotermales post-brechización**”
- ◆ La **brechización hidrotermal** corresponde a un **fracturamiento hidráulico** que ocurre cuando la presión de poro de un fluido hidrotermal (presión hidrostática) supera la presión confinante (presión litostática) y la resistencia tensional de las rocas.



Brechas Hidrotermales

- ◆ El brechización de cualquier origen genera **espacios abiertos**, porque se presenta un inherente incremento del volumen.
- ◆ Las brechas hidrotermales explosivas son buenos candidatos para la infiltración de soluciones hidrotermales → son “**esponjas**” donde los fluidos mineralizantes depositan su carga de minerales



Etapas en formación de chimeneas de brechas

- ◆ **Fragmentación y alteración.** Comprende fracturamiento hidráulico y posterior metasomatismo.
- ◆ **Relleno de espacios abiertos:** etapa principal de mineralización (agregados cristalinos de sulfuros en huecos).
- ◆ **Re-brechización:** solo si continúa la liberación de fluidos desde fuente magmática.
- ◆ **Alteración supérgena:** si es exhumada.



Parámetros a considerar para la descripción de brechas hidrotermales

Parámetro	Notas
Fragmentos polimícticos/monomícticos	Describir cada tipo de fragmentos (protolito y minerales) , indicando su porcentaje relativo de abundancia.
Forma de los fragmentos	Rectangular, regular o aleatoria, en “panal”, redondeados, anguloso, etc.
Matriz- o grano-soporte	Porcentaje de cada uno en toda la roca
Composición de la matriz	Cristales, pequeños fragmentos, vidrio, etc.
Cemento de la matriz	TURMALINA, Sílice opalino, cuarzo, albita, feldespato potásico, alunita, etc.
Oquedades	%, tipo, tamaño, forma geométrica
Mineralización	Ubicación (en matriz, fragmentos o ambos)
Alteración	Asociación mineral, T, Ph. Toda la roca, gradual alejándose de la matriz, etc.

Cuando se mapean se debe considerar la proveniencia de los clastos, su gradación de tamaño y forma, etc. Corresponde a estudios muy detallados y avanzados para determinar su génesis hidrotermal, magmática, magmática-hidrotermal, tectónica, entre otras.

Referencias

- ◆ www.webmineral.com
- ◆ ATLAS OF ALTERATIONS, A field and petrographic guide to hidrothermal alteration minerals. A.J.B: Thompson and J.F.H. Thomppson.
- ◆ Apunte de alteraciones (V. Maksaev)
- ◆ Clase de alteración hidrotermal (V. Maksaev)
- ◆ Apunte Hidrotermalismo y yacimientos minerales (B.Townley)
- ◆ Mapeo de rocas alteradas y mineralizadas (Marco T. Einaudi, Stanford University, 1997)