

- Potassic
- Skarn
- Phyllic
- Propylitic
- Argillic
- Outer / Sub Propylitic
- Advanced Argillic

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 - chalcodony; Ch-Sm - chlorite-smectite; Cor - corundum; Cpx - clinopyroxene; Cr - cristobalite; Ct - calcite; Do - dolomite; Dik - dickite; Dp - diaspor; 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

Alteración	Mineral	Muestra de Mano	Corte Transparente
POTÁSICA	Biotita	Hábito micáceo Brillo metálico Negra Café o Verde	Pardo a rojizo NP Pleocroísmo verde-café Extinción a puntitos
	Feldespatos Potásicos	Blanco a rosado H: 6-6.5 R: Blanca	Incoloro a NP Macla Carlsbad. Sucio CI 1er orden
	Magnetita	Negra Magnética R: Negra	Opaca Subhedral a euhedral Halo burdeo
PROPILÍTICA	Clorita	Verde Botella Hábito Micáceo Sedoso al tacto (H: 2-2.5)	Verde manzana a NP CI Enmascarado Pleocroísmo verde
	Epidota	Verde Pistacho Hábito acicular radial Brillo vítreo	Pleocroísmo verde a amarillo Manto de Arlequín Alto relieve
	Albita	Blanca a rosada H: 7	
	Calcita	Efersvece en HCl Blanco lechoso Hábito romboédrico	CI rosáceo, calipso Clivaje 60-120 Varía su relieve
SÓDICO-CÁLCICA	Albita		
	Actinolita	Hábito fibroso acicular Verde claro a negro R: Blanca, H: 5-6 Brillo vítreo a mate	Pleocroísmo leve Incolora a verde pálido CI amarillo anaranjado Extinción oblicua
FÍLICA RICA EN SERICITA	Sericita (musc + illita)	Blanca Brillo vítreo a seroso Aspecto azucarado	Incolora CI 2° orden. Micáceo (cxs tabulares pequeños)
FÍLICA - QS	Sericita y Cuarzo		
ARGÍLICA INTERMEDIA	Caolinita	Blanca. H: 1.5-2. Le gusta el agua	Amarillo a café a NP
	Illita	Blanco o crema	CI 1° orden
	Esmectita (montmo)	H: 1.5-2	Débil pleocroísmo
ARGÍLICA AVANZADA	Jarosita	Raya café amarillenta Color café Brillo terroso	
	Goethita	Raya roja (óxido de Fe)	
	Alunita	Amarillo pálido Dureza 3.5-4 Raya blanca	
SILICIFICACIÓN	Anhidrita	Blanca a violeta H: 3, cúbica	Clivaje en 3 direcciones CI 3° orden. Incolora a verde a NP
	Turmalina	Negra o verde. R: Blanca Fractura concoidal. H: 7	Pleocroísmo intenso. Azul, verde a NX Forma de colas de caballo

Alteración	Mineralogía Característica	Minerales accesorios	Reacciones	Procesos	Temperatura	pH	Presión	Otros	
Potásica (rica en biotita)	Biotita, Feldespato Potásico y Magnetita.	Cuarzo, Pirita, Anhidrita, Actinolita, Sericita, Clorita y Epidota.	Formación Biotita Secundaria: $Hbl + (H^+, Mg^{+2}, K^+) \rightarrow Bt + (Na^+, Ca^{+2})$. $Bt \text{ primaria} \rightarrow Bt \text{ secundaria}$	Intercambio catiónico (metasomatismo) de Ca^{+2} y Na^+ por K^+	400-800°C. Selectiva y Penetrativa.	Neutro a Alcalino	Generalmente la alteración es selectiva y penetrativa. Profundidad de Pórfido	Generalmente se encuentra en el núcleo de pórfidos, particularmente de aquellos relacionados a intrusiones máficas, rocas volcánicas a volcanoclásticas máficas a intermedias.	
Potásica	Feldespato Potásico	Cuarzo, Albita, Moscovita, Anhidrita y Epidota.	Formación de Feldespato Potásico Secundario: $Plagioclasa + K^+ \rightarrow Feld - K + (Na^+, Ca^{+2})$.		350-400°C- Biotita en vetillas			300-350°. Feld-K en vetillas.	Generalmente se encuentra en el núcleo de pórfidos, particularmente de aquellos relacionados a intrusiones félsicas.
Calcosódica	Actinolita, Albita y Magnetita	Cuarzo, Epidota, Apatito	Albitización: reemplazo selectivo de Plg junto con Act: $Plagioclasa + Na^+ \rightarrow Albita + (K^+, Ca^{+2})$. Actinolitización (metasomatismo de Ca^{+2}) de Anfíbola Sódica.		Metasomatismo de Ca^{+2}				400-800°C. Selectiva y Penetrativa.
Propilítica	Clorita, Epidota, Albita y Calcita.	Actinolita, Sericita, Arcillas, Pirita y Cuarzo.	Hidrólisis, Hidratación y Carbonatación. Epidotización y Albitización de las Plagioclasas $Plg + Na^+ + SiO_2 + H_2O \rightarrow Epidota + Albita + H^+$. Cloritización (metasomatismo de Mg^{+2}) de la Biotita $Biotita + H^+ \rightarrow Clorita + SiO_2 + K^+$. Otras: Actinolitización (metasomatismo de Ca^{+2}) de Anfíbola Sódica. Cloritización de Ortoclasa $Ortoclasa + Mg^{+2} + H_2O \rightarrow Clorita + K^+ + H^+$.	Metasomatismo de Ca^{+2}, Mg^{+2}, Na^+	200-250°C	Neutro a Alcalino	Profundidad Mesotermal a Epitermal	Halo gradacional desde el núcleo potásico como un reflejo de un gradiente termal decreciente a partir del núcleo hacia afuera: Actinolita-Biotita (contacto con A. Potásica) Actinolita-Epidota Epidota-Clorita-Carnonatos Clorita-Ceolitas Hidratas.	
					Presencia de Actinolita indica 280-300°C				

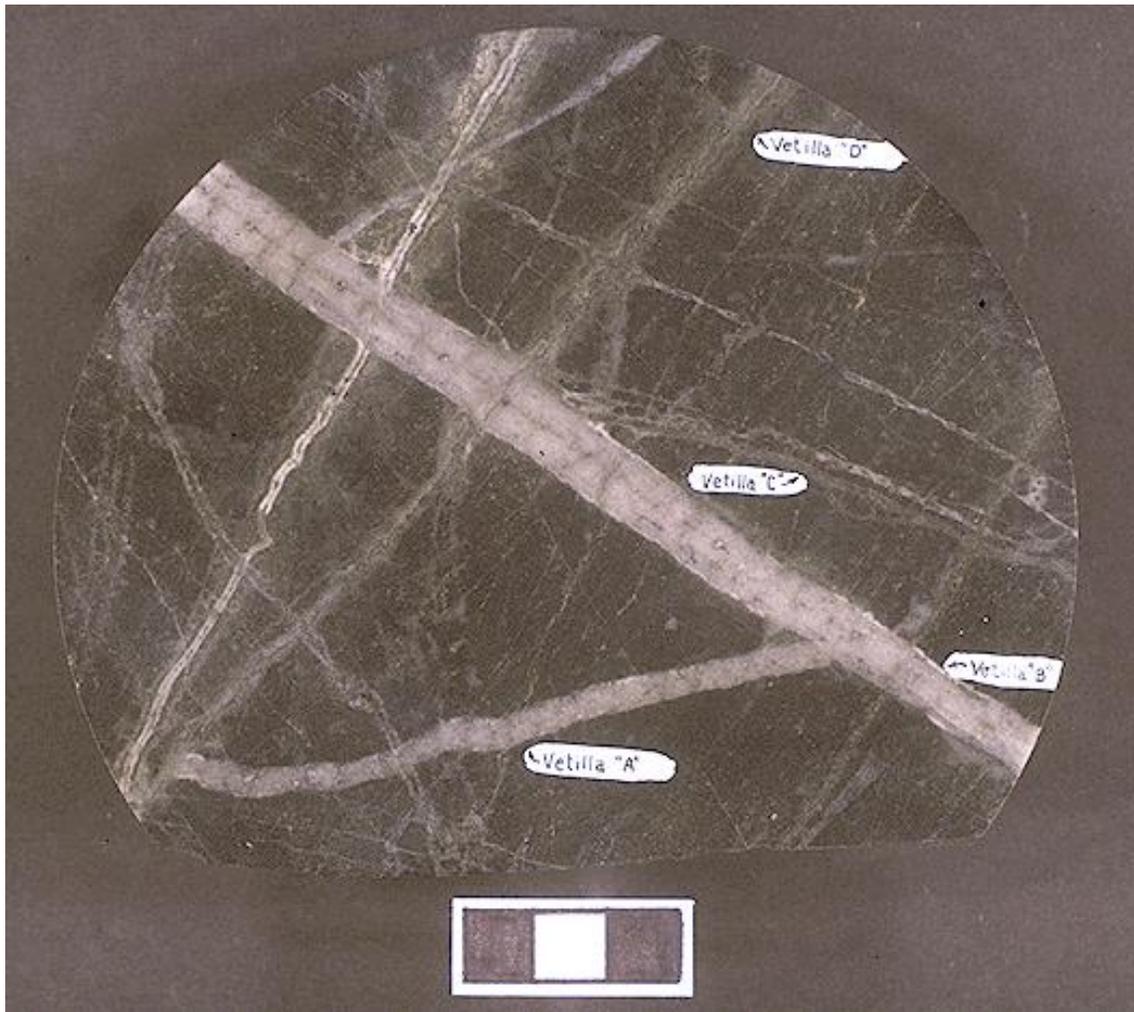
Alteración	Mineralogía Característica	Minerales accesorios	Reacciones	Procesos	Temperatura	pH	Presión	Otros
Cuarzo Sericítica	Cuarzo-Sericita o Fílica	Cuarzo, Pirita, Clorita, Illita.	Hidrólisis, Sericitización del Feldespato Potásico: $Feld - K + 2H^+ \rightarrow Sericita + 6SiO_2 + 2K^+$	Metasomatismo H^+ y consecuente silicificación del sistema	T>250°C	5-6	Profundidad de Pórfido a Mesotermal.	Halo periférico alrededor de un núcleo porfídico. Comúnmente estéril. Puede sobreponerse a la alteración Potásica y puede contener una importante mineralización. Generalmente es una alteración asociada a vetillas/vetas generando halos. La sericita es un agregado criptocristalino de micas y arcillas, principalmente moscovita e illita.
					200-250°C→ illita.			
					100-200°C→ illita-esmectita.			
					>450°C→ Corindón, asociado a Sericita y Andalusita.			
Argílica	Arcillas.	Alunita, Jarosita, Pirita y Cuarzo	Hidrólisis e hidratación Caolinitización de la Sericita $Sericita + 6H_2O + 4H^+ \rightarrow 3Caolinita + 4K^+$	Metasomatismo H^+ . Como los cationes H^+ son extraídos del fluido e incorporados en los minerales de alteración el fluido incrementa su pH, pero su variación depende de la presencia de minerales buffers de pH.	150-300°C	4-5	Profundidad Epitermal	Se produce entre las zonas de alteración de la Argílica Avanzada y Propilítica, generalmente en sistemas de alta sulfidización.
			Otras: Alunitización de la Sericita $Sericita + 4H^+ + 2SO_4^{-2} \rightarrow Alunita + 6SiO_2$			La presencia de Alunita indica pH 3-4 Transición I		
Argílica Avanzada	Vuggy Silica/Cuarzo Oqueroso/Cuarzo Residual	Alunita, Hematita, Baritina.	Hidrólisis Otras: Alunitización de la Sericita $Sericita + 4H^+ + SO_4^{-2} \rightarrow Alunita + 6SiO_2$	Metasomatismo H^+ . Como los cationes H^+ son extraídos del fluido e incorporados en los mxs de alteración del fluido incrementa su pH, pero su variación depende de la presencia de minerales buffers de pH.	Amplio Rango	1-3.5	Profundidad variable	Ocurre en la parte superior de sistemas porfídicos y halos alrededor de depósitos epitermales de alta sulfidización.
			Alunitización de la Caolinita $Caol + 2K^+ + 6H^+ + SO_4^{-2} \rightarrow 2Alunita + 6SiO_2 + 3H_2O$			La presencia de Alunita indica pH >2.		
			Caolinita → Cuarzo $Caolinita + 3H^+ \rightarrow SiO_2 + 2.5H_2O + Al_3^+$			Predominio de Cuarzo indica un pH<2		

Mineral	Composición	Exfoliación	Dureza	Densidad	Brillo	Color	Raya	Yacimiento	Particularidades
Biotita	$AlSi_3K(Mg,Fe)_3(OH)_2$	Basal perfecta {001}	2,5-3	2,8-3,2	Perlado, vítreo o submetálico	Negro, negro verdoso a castaño. Traslúcido a opaco.	Blanca	Es la más común de las micas y se presenta como mineral esencial o accesorio en rocas ígneas muy diferentes y metamórficas de diferentes tipos y grados de metamorfismo.	Hojas flexibles y elásticas.
Feldespato Potásico	$KAlSi_3O_8$	Perfecta según {001} y buena según {010}	6	2,5 y 2,6	Vítreo anacarado. Traslúcido u opaco	Blanco, amarillento, rosado o rojo, en ocasiones verde.	Blanca	Se encuentra en rocas ígneas, metamórficas y raramente en rocas sedimentarias. Ya sea granitos, sienitas, riolitas y traquitas. Es común en pegmatitas.	Presencia de bandas de desmezcla, suelen distinguirlos de otros minerales.
Magnetita	Fe_3O_4	Imperfecta	6	5,2	Metálico	Negro	Pardo oscura a negra	Puede aparecer en numerosos ambientes: ígneos, sedimentarios, metasomáticos o metamórficos.	Generalmente masivo. Puede presentar cristales octaédricos. Fuertemente magnético.
Cuarzo	SiO_2	Pobre/Indistinto	7	2,65-2,66	Vítreo	Incoloro, púrpura, color de rosa, rojo, negro, amarillo, marrón, verde, azul, anaranjado, etc.	Blanca	Aparece como mineral fundamental y accesorio en casi todo tipo de rocas ígneas (salvo en rocas básicas y ultrabásicas o en rocas infrasaturadas en sílice) y metamórficas (esquistos, cuarzo-esquistos, cuarcitas, etc.). También como mineral de neoformación o diagenéticos en rocas sedimentarias. Por su dureza puede estar heredado en todo tipo de rocas sedimentarias. Como mineral, hidrotermal, aparece asociado a fracturas en ofitas y metabasitas, así como en algunas lamproitas.	Hábito común prismático hexagonal terminado por la interpenetración de dos romboedros que simulan una bipirámide.
Plagioclasa	$Na(AlSi_3O_8)$ a $Ca(Al_2Si_2O_8)$	{001} perfecta, {010} buena, {110} pobre	6 – 6 ½	2,55 – 2,63	Vítreo	Variable entre blanco, gris y amarillento.	Blanca	En las pegmatitas graníticas, granitos, sienitas, aplitas, pizarras cristalinas y rocas hidrotermales.	Fractura irregular. Es un mineral polimorfo con los minerales de Ortoclasa y Sanidina.
Anhidrita	$CaSO_4$	En {010} perfecto, casi perfecto. En {001} bueno a imperfecto.	3 – 3 ½	2,98	Vítreo, grasiento, nacarado	Incoloro, azulado, azul gris, violeta, rojo burdeos, blanco, rosado, marrón, rojizo, gris, gris oscuro	Blanco, grisáceo	En rocas evaporitas, en zonas áridas, aparece asociada al yeso y junto con sales, algunos carbonatos (dolomita y calcita). También por deshidratación del yeso por procesos diagenéticos o metamórficos de muy bajo grado.	Paragénesis sólo puede confundirse con el yeso, del que se puede distinguir por su mayor dureza.

Mineral	Composición	Exfoliación	Dureza	Densidad	Brillo	Color	Raya	Yacimiento	Particularidades
Actinolita	$\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Buena	5 – 6	3,07	Vítreo	Verde, ver-negro, gris-verde o negro.	Blanca	Su origen es metamórfico en rocas metamorfoseadas regionalmente y de contacto, también en dolomitas y algunas rocas básicas (anfíbolitas, pizarras). Es un mineral de formación de roca típico, asociado con antofilita, clorito, talco, dolomita y calcita. Se asocia a talco, esquistos, calcita, epidota. Minerales semejantes son los piroxenos, de exfoliación diferente turmalina carente de exfoliación.	Agregados en columnas, aciculares, y radiales y masas granulares.
Clorita	$(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{OH})_6$	Basal perfecta {001}	2 – 2 ½	2.6 – 3,3	Vítreo a perlado	Verde oscuro a verde azulado, rara vez amarillento o rosado. Traslúcido o transparente.	Blanca a veces verdosa.	El clinocloro es un mineral típico de alteración de rocas ígneas o metamórficas (por alteración de piroxenos, anfíboles. biotita, granates). De nueva formación en filones hidrotermales de baja temperatura o en rocas metamórficas de bajo grado (facies de esquistos verdes). La chamosita suele presentarse en terrenos sedimentarios ferruginosos y depósitos de lateritas.	Exfoliable perfectamente en finas láminas flexibles, pero no elásticas. Soluble en ácido sulfúrico concentrado en caliente. Tacto suave sin llegar a ser jabonoso.
Epidota	$(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{SiO}_4)(\text{Al}, \text{Fe})\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{O}(\text{OH})$	Perfecta	6 – 7	3,25 – 3,45	Vítreo	Verde pistacho, hierba, verde amarillento, negro verdoso o pardo rojizo. También puede ser incoloro.	Gris claro	La epidota es un mineral típico del metamorfismo regional de las facies de anfíbolita-epidota. Pero también es frecuente en fracturas de rocas volcánicas básicas como las ofitas y las metabasitas de la cordillera Bética, generadas por procesos hidrotermales posteriores, junto con granates, prehnita, titanita, analcima y actinolita. En rocas de metamorfismo de contacto.	Prismático o fibroso radiado en abanico, a veces en agregados granulares.
Albita	$\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$	Perfecta según {001} y buena según {010}	6 – 6 ½	2,6 – 2,65	Vítreo	Blanco a gris, azulado, verdoso, rojizo.	Blanca	Se encuentran en rocas ígneas, metamórficas y raramente en rocas sedimentarias. Ya sea granitos, sienitas, riolitas y traquitas. Es común en pegmatitas.	
Moscovita	$\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$	Perfecta en {001}	2 ½	2,77 – 2,88	Vítreo, sedoso, nacarado	Blanco a incoloro, plateado – blanco	Blanca	Aparece en rocas ígneas ácidas, metamórficas de grado medio-alto y heredado en sedimentos.	Exfoliable perfectamente en finas láminas elásticas y flexibles.

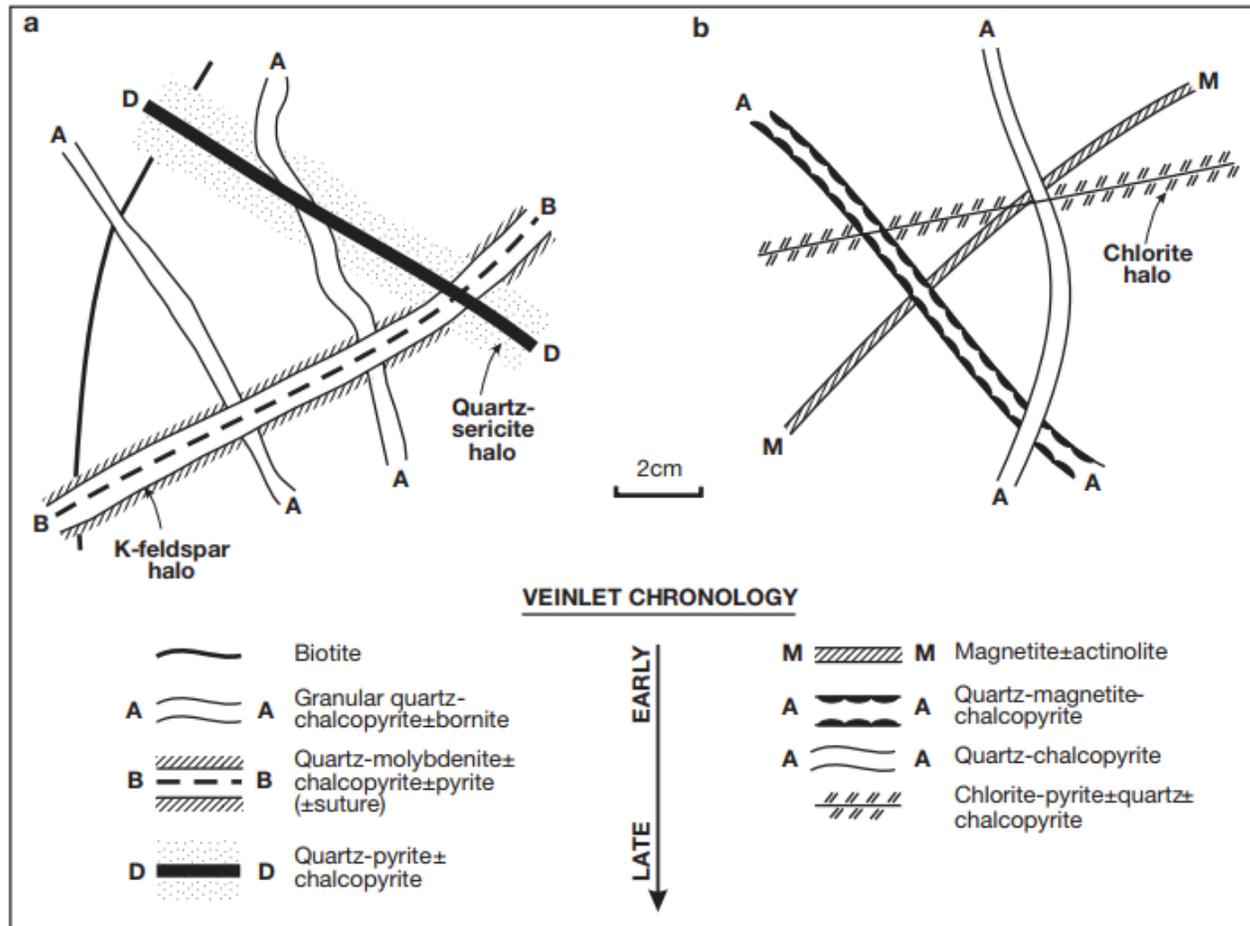
Mineral	Composición	Exfoliación	Dureza	Densidad	Brillo	Color	Raya	Yacimiento	Particularidades
Apatito	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$	Mala {001}	5	3,15 – 3,20	Vítreo a céreo	Tonalidades verdosas a pardas; también azul, violeta, o incoloro.	Blanca	Mineral accesorio de todas las clases de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. Se halla también en pegmatitas y filones (origen hidrotermal). Se encuentra en los huesos y dientes.	Habito: Prismático piramidal hexagonal o prismático hexagonal
Calcita	CaCO_3	Perfecto en {1011}	3	2,7102	Vítreo, nacarado o mate	Blanco, amarillo, rojo, naranja, azul verde, marrón, gris, etc.	Blanca	Es uno de los minerales más abundantes en la superficie terrestre, apareciendo asociado a diferentes tipos genéticos de rocas, especialmente a sedimentarias, pero también es muy común en rocas metamórficas y filones hidrotermales. Más raramente, se puede localizar en rocas volcánicas y plutónicas, casi siempre como producto de alteración de algunos minerales presentes en ellas, aunque existen rocas ígneas (carbonatitas), en las que la calcita es un mineral primario esencial	Exfoliación romboédrica. Efervesce fácilmente con HCl al 10% en frío.
Pirita	FeS_2	Pobre/Indistinto	6 – 6 ½	4,8 – 5	Metálico	Amarillo latón	Pardo-oscuro verdoso	Su génesis puede ser muy variada, aparece asociado a rocas sedimentarias, metamórficas y volcánicas. En yacimientos hidrotermales relacionados con volcanismo, junto a galena y blenda. Asociada a rocas ígneas básicas, junto con magnetita. En rocas metasomáticas, como producto de segregación magmática, diseminada en rocas plutónicas, etc.	Estrías perpendiculares entre caras contiguas.
Illita	$\text{K}_{0,65}\text{Al}_2\text{O}[\text{Al}_{0,65}\text{Si}_{3,35}\text{O}_{10}](\text{OH})_2$	Perfecta en {001}	1 – 2	2,79 – 2,8	Céreo, graso, terrosos.	Blanco grisáceo a blanco plateado, gris verdoso, a veces otros tonos.	Blanca	Constituyente principal de muchas pizarras, es un producto de la alteración de la moscovita y los feldespatos en ambientes de pluviometría y temperatura elevadas.	Debido a su pequeño tamaño para su identificación certera se requiere análisis de difracción de rayos X. Se diferencian de las micas por tener menos Si sustituido por Al, contener más agua y tener parte del potasio sustituido por calcio y magnesio.

Mineral	Composición	Exfoliación	Dureza	Densidad	Brillo	Color	Raya	Yacimiento	Particularidades
Pirofilita	$\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	Exfoliación basal muy perfecta	1 – 1,5	2,6 – 2,8	Graso, céreo o sedoso-nacarado en las caras de exfoliación. alguna parte puede ser mate.	Blanquecinas, amarillentas o verdosas, grisáceas o negras. A menudo presenta tonalidades rojizas, como manchas.	Blanca	Es un mineral hidrotermal en rocas aluminosas atacadas por soluciones ácidas. Se origina de la alteración de otros minerales presentes en rocas metamórficas.	Cristales raros, normalmente en masas granulares o foliadas.
Alunita	$\text{KAl}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$	Perfecta	3 ½ - 4	2,6 – 2,9	Vítreo, perlado	Blanco, tonos pálidos de gris, amarillo, rojo a marrón rojizo.	Blanca	Se presenta en rocas volcánicas. Su origen es secundario como resultado de reacciones de ácido sulfúrico con rocas en Al, asociado con yeso.	Fluorescencia, chillá. Cristales romboédricos, agregados porosos y masas granulares.
Jarosita	$\text{KFe}^{3+}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$	Imperfecta (romboédrico); perfecta y clara (trigonal) irregular (romboédrico)	2 ½ - 3 ½	2,9 – 3,26	Sub-adamantino, vítreo, resinoso.	Amarillo pardo; rojo óxido (al cristalizar).	Amarilla pálida	Es un sulfato de potasio y hierro hidratado básico. Su origen es secundario, resultante de la meteorización de sulfuros de hierro.	Cristales generalmente pequeños, pseudocúbico tabular. Típicamente se encuentra como costras granulares, también puede estar en nódulos o masas fibrosas, pulverulenta a tierra, o concrecionario.
Hematita	Fe_2O_3	No se observa	5 – 6	5,26	Metálico, submetálico, terroso.	Gris oscuro, negro, rojizo o pardo-rojizo.	Marrón rojizo ("rojo óxido")	Puede aparecer asociado a cualquier tipo genético de rocas. En sedimentos de medios oxigenados y cálidos asociado a algunas arenas y arcillas continentales, en calizas, en antiguas zonas pantanosas, etc. En rocas volcánicas y como producto de alteración de otras rocas ígneas. En rocas generadas por metamorfismo regional y de contacto. En la zona de oxidación de yacimientos hidrotermales (gossan), por la alteración de sulfuros y carbonatos de hierro.	Su hábito puede ser muy variable, desde variedades laminares o micáceas (oligisto especular o especularita) a granular, masivo e incluso terroso (ocre rojo), siendo menos común las cristalizaciones y hematites en rosa de hierro.
Baritina	BaSO_4	Perfecto en {001}; menos en {210}; imperfecto en {010}.	3	4,50 (pesado)	Vítreo, perlado.	Incoloro, blanco, amarillo, marrón, etc.	Blanca	Típico de filones hidrotermales, asociado a ganga en algunos yacimientos minerales de Pb, Cu, Mn, Fe y F. Raramente en areniscas.	



Tipos de venillas: definidas por Gustafson y Hunt (1975) en el yacimiento El Salvador.

- A: Qtz, feld-K, Anh, Cpy, Bo, sin halos.
- B: Qtz, Anh, Mo, Cpy, sin halos.
- C: Ser ver, Bt, Anh, halos Ser vede.
- D: Py, Cpy, Tenn, Anh, Qtz, Cal, halo Ser.



La secuencia de vetas en depósitos de Cu pórfido, fue elaborada por primera vez por Gustafson y Hunt (1975) en El Salvador y ampliamente estudiada. De una manera general, las vetas pueden subdividirse en tres grupos:

1. Vetas tempranas, libres de cuarzo y sulfuro que contienen uno o más de actinolita, magnetita (tipo M), biotita (tipo EB) y feldespato-K, y típicamente carece de orillas de alteración.
2. Vetillas dominadas por cuarzo granulados sulfurosos, con orillas de alteración estrechas o no fácilmente reconocibles (tipos A y B).
3. Vetas y vetillas de cuarzo-sulfuro tardías, cristalinas, con prominentes vetas de alteración feldespáticas-destructivas (incluyendo el tipo D).

Las vetas de los grupos 1 y 2 se emplazan principalmente durante la alteración potásica, mientras que el grupo 3 acompaña a las sobreimpresiones de clorita-sericita, sericitica y de argílica avanzada profunda. Las vetas estrechas de cuarzo-sericita-feldespato-K-biotita y mineralógicamente complejas con halos definidos por los mismos minerales (±andalusita ± corindón) junto con calcopirita ± bornita abundante y finamente diseminada caracterizan el cambio del grupo 1 a 2 vetas en unos pocos depósitos, aunque pueden confundir en otra parte con las vetas tipo D debido a sus llamativos halos; se les denomina veta de halo oscuro micáceo oscuro (EDM) en Butte (Meyer, 1965; Brimhall, 1977; Rusk et al., 2008a) y Bingham (Redmond et al., 2004) y las vetillas de tipo 4 (T4) en Los Pelambres (Atkinson et al., 1996, Perelló et al., 2007).