

Figura 26. Ejemplos representativos de venillas 5a y 5b. A) Venilla 5a con halo fílico corta a venilla 2a en el pórfido 4. B) Venilla 5a con halo interno fílico y halo externo de clorita corta a andesita del CVI. C) Venilla 2a reabierta por venilla 5b, sulfuros + turmalina removilizados del halo de la venilla 5b y concentrados en el borde externo. D) Máculas de turmalina en el halo de venillas 5b. E) Venillas 5b con salbandas que tienen zonación (filica-clorítica) cortan y reabren venillas 2a, en las andesitas del CVI.

Una venilla 2a reabierta por una venilla 5b, a su vez cortada por una venilla 5d fue analizada por catodoluminescencia (Figs. 31A, B, C y D). En las imágenes CL se reconocieron cuatro generaciones de cuarzo (Fig. 31D). Cristales de cuarzo de grano grueso CL-brillantes y con zonación de crecimiento euhedral (Cz-1), relícticos de la venilla 2a, están cortados por bandas de cuarzo de baja luminiscencia y con zonación de crecimiento que rodea a los sulfuros (pirita) (Cz-2). Bandas de una tercera generación de cuarzo CL-negro (Cz-3) cortan a los dos tipos anteriores. Finalmente, una variedad de cuarzo de tonalidad rojiza (Cz-4) corta a los cristales previos en bandas irregulares, con texturas de "tela de araña", y también está en contacto con los sulfuros (pirita). Ninguno de los cuarzos corta a los

minerales opacos (Fig. 31D). La venilla 5d que corta a la venilla 5b, tiene cuarzo con colores de luminescencia oscuros y cuarzo de tonalidad rojiza (Cz-4) (Fig. 31D).



PERFIL 6517000 N - Venillas tipo 5 - Leyes de oro

Figura 27. Distribución de venillas 5a, 5b, 5c y 5d en el perfil 6517000 N, zonas de *stockwork* débil, moderado a fuerte de venillas 5 y leyes de Au.

4.4. Alteración argílica avanzada

En profundidad, esta alteración se localiza en sectores y fracturas que cortan a los pórfidos y a las rocas de caja. Muestra un desarrollo incipiente y en general se superpone a zonas con alteración fílica, aunque también se ha reconocido cortando directamente zonas con alteración potásica. Constituye las salbandas de las venillas tipo 6a, 6b y a veces de las venillas 6c.

Se caracteriza por la asociación mineral en equilibrio constituida por dickita /o caolinita (no diferenciadas con DRX) \pm cuarzo \pm rutilo que oblitera la textura original de las rocas (Fig. 32A). En estas zonas y en los halos de las venillas, la dickita/ caolinita reemplaza a los filosilicatos previos (Figs. 32B, C y D) junto con cuarzo (Fig. 32E). El cuarzo en equilibrio con esta alteración suele contener granos de oro (10-20 µm), mientras que los granos de cuarzo previos suelen presentar texturas de desequilibrio y corrosión (Fig. 32F).

4.4.1. Mineralización asociada

La mineralización en esta alteración está caracterizada por pirita, tennantita, bornita, enargita, tetraedrita, bornita y oro en venillas muy finas, en venas de paredes irregulares a

rectas y como diseminaciones en las salbandas de estas venas y venillas y de algunas venillas 5.

La mineralización diseminada en las salbandas de las venillas tipos 5 y 6 se presenta en las figuras 33, 34 y 35. Las venillas tipo 5 se asocian a la alteración fílica, mientras que la mayoría de las venillas tipos 6a y 6b tienen salbandas de alteración argílica avanzada. En profundidad, las salbandas de las venillas tipo 6a y 6b tienen mineralización diseminada de pirita $(0,02-0,8 \text{ mm}) + \text{tennantita} (0,2-0,6 \text{ mm}) \pm \text{trazas}$ de tetraedrita. En los niveles intermedios predomina la tennantita (calcopirita, bornita) +pirita \pm oro \pm tetraedrita (Figs. 34 y 35). La tennantita suele estar intercrecida con cristales muy finos de pirita. También hay pirita relíctica y porosa por la lixiviación de sus inclusiones de calcopirita y bornita. En los niveles más superficiales dominan las venillas 6c donde cortan a la alteración fílica, con enargita (calcopirita, tennantita) + pirita diseminadas en sus salbandas (Figs. 34 y 35).



PERFIL 6516700 mN - Venillas tipo 5 - Leyes de oro

Figura 28. Distribución de venillas 5a, 5b, 5c y 5d en el perfil 6516700 N, zonas de *stockwork* débil, moderado a fuerte de venillas 5 y leyes de Au.

Se han reconocido escasos ejemplos de venillas 5a y 5c que tienen en sus halos fílicos pirita + tennantita \pm oro, enargita (bornita) \pm tetraedrita. Éstas podrían ser transicionales con las venillas tipo 6 (Fig. 34).



Figura 29. Distribución de venillas 5a, 5b, 5c y 5d en el perfil 6516600 N, zonas de *stockwork* débil, moderado a fuerte de venillas 5 y leyes de Au.

Venas y venillas tipo 6

Son venillas tardías ricas en sulfuros y sulfosales y se han distinguido 3 subtipos: 6a, 6b y 6c.

Subtipo 6a con tennantita (calcopirita, bornita) \pm pirita \pm cuarzo \pm tetraedrita \pm oro. En general son venillas finas (0,5-1 mm) e irregulares, pero se reconocieron ejemplos de hasta 3 cm de espesor en los niveles superficiales del sondeo A-53 (Fig. 36A). La tennantita reemplaza a la calcopirita y a la bornita (Fig. 36B) y está intercrecida con pirita anhedral de grano fino (Fig. 36C). Suelen presentar cristales subhedrales de cuarzo (<5% de la venilla) con inclusiones de oro (0,05 mm) (Figs. 36D y F). Tienen salbandas irregulares de alteración

B Α 5b 5b 5b Turmalina 5b 5b Andesita 5a 1 cm 5b 2a D reabierta por 5b maliı 5b 5b 5b 2a1 cm <u>1 cm</u> 1 cm E Η Alteración potásica. 2a5c cp 1 mm G Alteración fílica nhidrita 1 cm <u>1 mm</u> <u>1 cm</u> 2a

argílica avanzada con dickita /o caolinita \pm cuarzo (Fig. 36F). En las salbandas de estas venillas hay tennantita (calcopirita, bornita) + pirita, tetraedrita y oro diseminados. En la

Figura 30. Ejemplos de venillas 5b, 5c y 5d. A) Venilla 5b corta y disloca a venilla 2a. B) Venillas 5b con halos filicos cortan a las andesitas del CVI. C) Venilla 5b corta y disloca a venilla 3. D) Venilla 5b con salbanda de alteración filica corta a venilla 2a. E) Venilla 5c con salbanda de alteración filica corta al pórfido 4. F) Microfotografía de venilla 5c que corta a venilla 5a. G) Microfotografía en luz reflejada de venilla 6 que corta a venilla 5c. H) Venillas 5d con halos filicos cortan a venillas 2a y al pórfido 4 con alteración potásica.



Figura 31. Venilla 5b rellena a venilla 2a, y a su vez está cortada por venillas 5d. A) Microfotografía con luz polarizada a nicoles cruzados. B) Imagen BSE del mismo sector que A. C) Microfotografía con luz reflejada del mismo sector. D) Imagen CL del sector marcado con un recuadro rojo en A, B y C. Cuarzo Cz-1 relicto de venilla 2a cortado por cuarzo Cz-2 en contacto con la pirita, a su vez cortados por los cuarzos Cz-3 y Cz-4. Se señalan las texturas reconocidas en el cuarzo: "A": zonación de crecimiento euhedral, "B": textura en "tela de araña", "C": banda de baja luminescencia corta a cuarzo previo, "F":

cuarzo CL oscuro alrededor de núcleos de cuarzo CL brillante. La venilla 5d está en contacto con el cuarzo Cz-4.

figura 36G una venilla muy fina tipo 6a corta a la venilla de cuarzo \pm molibdenita (venilla tipo 3). En la imagen CL, la tennantita de la venilla 6a está en contacto con un cuarzo de color rojizo y en la venilla tipo 3 se observa un cuarzo brillante cortado por cuarzo de color gris oscuro.



Figura 32. Fetas de rocas y microfotografías representativas de la alteración argílica avanzada. A) Feta del pórfido 4 con alteración argílica avanzada. B) Detalle de dickita/caolinita según feldespatos previos. C) Sector con alteración argílica avanzada corta a alteración fílica. D) Detalle del pórfido 4 con alteración argílica avanzada parcialmente por cuarzo. F) Cuarzo relíctico con texturas de desequilibrio.

Subtipo 6b con pirita \pm cuarzo. Son venillas de paredes irregulares a rectas y de espesor variable (Fig. 36H). Tienen salbandas de alteración argílica avanzada con dickita/caolinita \pm cuarzo (Fig. 36H) que contienen granos diseminados de pirita + tennantita (bornita). Otras muestran halos silicificados y de color oscuro debido a la presencia de pequeños cristales diseminados de pirita (Fig. 36I).

Subtipo 6c con pirita + enargita (calcopirita, bornita, tennantita) \pm cuarzo. Son venas, venillas y "stringuers" (<2,5 cm de espesor) (Figs. 37A y B). La enargita es masiva y tiene calcopirita, bornita, tetraedrita y tennantita relícticas en su interior (Fig. 37C). En la mayoría de los casos cortan zonas de alteración fílica y no tienen halos (Fig. 37D), excepto por algunas salbandas con caolinita/dickita + cuarzo (Fig. 37E) y en otros casos delgadas

salbandas de cuarzo. Además, es común la presencia de enargita y pirita en granos diseminados en proximidad a las venillas. Cortan a las venillas 2a y 5a (Fig. 37F) y a las venillas 6a con halos silicificados (Fig. 37G).



```
Figura 33. Distribución de la mineralización diseminada en las salbandas de las venillas 5 y 6 en el perfil
6517000 N y leyes de Cu.
```

La bornita, reconocida en las salbandas y en el interior de las venillas tipos 6a, 6b y 6c, siempre es relíctica y está reemplazada por tennantita o enargita. En el valle este del proyecto, las venillas tipo 6a cortan a la toba con alteración fílica próxima al pórfido 2 (Fig. 38). Son más abundantes en el filo central y se localizan en los niveles intermedios y profundos, con ejemplos de esta venilla en el tramo final del sondeo más profundo del proyecto (A-43-917m) cortando al pórfido 4 (Fig. 39). Cortan a las venillas 4, 5a, 5b y 5c (Tabla 2). En el perfil 6516000 N están en el pórfido 4 pero son más abundantes en las rocas de caja de los intrusivos (Fig. 40); en la pasta de la brecha magmática 2 hay tennantita diseminada.

Las venillas 6b se reconocieron a profundidades intermedias, a altitudes entre 3200 y 3400 m.s.n.m. cortando al pórfido 4 (Figs. 38 y 39) y también al pórfido 3 y a las rocas de caja (Fig. 40). No se observaron relaciones de corte entre 6a y 6b.

Las venillas 6c cortan al pórfido 4 en el filo central y a las rocas de caja con alteración filica cercanas a este intrusivo (Figs. 38, 39 y 40). En el valle este se reconocieron escasos ejemplos cortando al pórfido 2 en profundidad (Fig. 38). En los perfiles estudiados se

encuentran entre los 3200 y 3800 m.s.n.m., a menores profundidades que las venillas 6a y 6b, sin mostrar relaciones de corte con las venillas 6a (Figs. 38, 39 y 40). Sólo se reconocieron algunas venillas 6c cortando a venillas 6b (ver Fig. 37G), e indican que las primeras son más jóvenes.





Venas tipo 7

Son venas de cuarzo \pm esfalerita \pm galena \pm pirita (Figs. 41A). Los granos de esfalerita, galena y pirita (0,6 mm) están intercrecidos con los cristales subhedrales de cuarzo límpido (<1 mm). Una vena tipo 7 con altos valores de zinc y plomo (1,01 % Zn, 0,28 % Pb) fue interceptada por el sondeo AL-4 del valle este a los 444 m de profundidad (Fig. 42). Ejemplos de estas venas también fueron reconocidos en profundidad en el sondeo 43 del filo central (Fig. 43). Cortan a los pórfidos 2 y 4 con alteración fílica y a las venillas 2a y 5a.



PERFIL 656600 mN-Mineralización diseminada en halos

Venas y venillas tipo 8

Estas venas-venillas están compuestas por granos de calcita y anhidrita euhedrales (muy finas a 8 cm de espesor) (Figs. 41B y C). Cortan a las venillas 2a, 5b, 6 y 7 (Figs. 41B y C). Las venas de mayor espesor suelen estar brechadas con clastos de anhidrita y calcita cementados por una variedad de calcita de grano más fino (Fig. 41C). Se reconocieron en el sondeo 4 de la sección 6517000, a los 446 m de profundidad (Fig. 42) y en los sondeos A-43 y A-57 de la sección 6516700 N, donde en profundidad cortan al pórfido y a la roca de caja (Fig. 43).

4.5. Alteración argílica avanzada y mineralización epitermal

Alteración argílica avanzada con mineralización diseminada, cuarzo "poroso", vetas de cuarzo y vetas de enargita \pm cuarzo \pm alunita constituyen el sistema epitermal portador de oro localizado en los filos este del proyecto. La alteración argílica avanzada, que se encuentra alrededor de las vetas, se caracteriza por el reemplazo de los fenocristales de plagioclasa del pórfido 1 por agregados de alunita tabular (100-200 µm) (Figs. 44A y B) mientras que la pasta original está reemplazada por cristales de cuarzo de grano muy fino (< 0,06 mm) con cristales