



Zoneamiento mineral y metálico a escala de las vetas y del distrito de San Cristóbal alrededor del Lithocap Chumpe, Domo de Yauli, Perú-Central

Ñieriton Vila¹ & Carlos Yacila²

¹Universidad Nacional de Ingeniería

²Volcan Compañía Minera S.A.A.

RESUMEN

El distrito de San Cristóbal, localizado en la parte oeste del Domo de Yauli, alberga vetas y cuerpos de reemplazamiento cordilleranos (e.j., vetas San Cristóbal, Andaychagua y Prosperidad). El Lithocap Chumpe se ubica en el centro del distrito, en el eje de un anticlinal de tendencia noroeste que expone filitas en su núcleo. Incluye un stock porfirítico de cuarzo-monzonita que exhibe mineralización de Cu-Mo. Cerca al lithocap las vetas contienen wolframita y calcopirita y en las partes laterales minerales de Zn, Pb y Ag. Así, la zonación metálica muestra un centro con W, seguido de una zona de Cu, una zona intermedia de Zn-Pb-(Ag) y una zona externa de Ag-Pb-(Zn). Tres etapas en la paragénesis han sido reconocidas en estas zonas: a) Cuarzo-Pirita-Wolframita, con especularita, calcopirita, scheelita, emplectita, muscovita, illita, calcedonia. b) Metales Base, con esfalerita, calcopirita, galena ± (cobres grises, pirita, arsenopirita, pirrotita, illita, acantita). c) Carbonatos, dividida en: *Sub-etapa manganosiderita-rodocrosita*: baritina, cuarzo, arsenopirita ± (pirita, esfalerita, galena, platas rojas, calcopirita, marcasita, estibina, illita, dickita). *Sub-etapa ankerita-dolomita*: jasperoides, baritina, calcedonia, cuarzo, calcita ± (dickita, especularita y clorita). Isovalores en secciones longitudinales de las vetas Andaychagua y Prosperidad ilustran que valores Cu >1 % están en profundidad, Zn >7 % y Pb >1 % en las partes intermedias y Ag >7 Oz/t en las partes intermedias y altas. Cocientes de Zn/Pb indican posibles direcciones de flujo del fluido hidrotermal. Isovalores en la veta San Cristóbal, muestran la coexistencia de altas concentraciones de Ag, Zn, Pb, Cu y WO₃. IF en cuarzo de la etapa cuarzo-pirita-wolframita revelan Th de hasta 327°C y salinidades entre 1.74 y 6.45 wt % NaCl equiv. IF trifásicas con cristales

de sal muestran hasta 43.46 wt % NaCl equiv. IF en la etapa de metales base y carbonatos revelan Th entre 163.2°C y 281.8°C y desde 1.40 hasta 5.86 wt % NaCl equiv.

INTRODUCCIÓN

Una de las principales características de los depósitos polimetálicos cordilleranos es el marcado zonamiento mineralógico y metálico, mostrando un núcleo con minerales de Cu, pirita, cuarzo ± (wolframita, minerales de Bi y Sn, hematita, muscovita, sericita) y partes externas con esfalerita y galena ± (cuarzo, sericita, caolinita, dickita, hematita), además una zona más externa, incluye sulfosales de Ag ± carbonatos de Mn-Fe. Existen varios ejemplos en el Perú Central como es el caso de Morococha (Catchpole, et al., 2015) y Smelter-Colquijirca (Bendezú & Fontboté, 2009). El distrito de San Cristóbal pertenece a la franja metalogenética del Mioceno del norte y centro del Perú y está localizado a 4,600 m.s.n.m. en el Domo de Yauli. Contiene prospectos tipo pórfido Cu-(Mo), ocurrencias tipo skarn Zn-Pb, y decenas de depósitos cordilleranos de Zn-Cu-Pb-Ag bajo la forma de vetas y cuerpos de reemplazamiento, propagados sobre un área de más 31 km², con cercana relación espacial y temporal al pórfido cuarzo-monzonítico Chumpe (Beuchat, 2003). En el presente estudio proporcionamos nueva información de la mineralogía, geoquímica y cocientes metálicos. Mostramos un estudio de inclusiones fluidas, para definir gradientes geotérmicos. Los resultados nos permiten observar un claro zonamiento mineral y metálico, a escala de las vetas y del distrito asociado al Pórfido-Litho-

cap Chumpe.

PÓRFIDO-LITOCAP CHUMPE

Es un pórfido cuarcífero, ocurre como un stock elongado de dimensiones de 600 m x 250 m y orientación N40°W, y como múltiples diques sub-paralelos de rumbo andino y buzamientos de 85° al suroeste. Estos intruyen a las filitas del Grupo Excelsior a lo largo del eje del anticlinal Chumpe (Figura 1). El pórfido está constituido de fenocristales de plagioclasas y feldespatos con tamaños desde 0.3 mm hasta 3 mm, acompañados de ojos de cuarzo de tamaños de hasta 3 mm. También se observa esporádicamente cristales de biotita y anfíbol. La matriz es afanítica y consiste principalmente de cuarzo. Minerales accesorios incluyen zircón, rutilo y apatito. Vallance (2015) infiere una composición modal de cuarzo-monzonita a cuarzo monzodiorita.

En superficie, el pórfido Chumpe exhibe un sector de intensa alteración argílica avanzada (“Lithocap Chumpe”) que también afecta al

Grupo Excelsior, de unos 2 km de largo x 1 km de ancho, elongado en dirección andina (Figura 1). La alteración es zonada y consiste en un núcleo con alunita-pirofilita-illita-cuarzo que grada a sericita-cuarzo-muscovita. En este sector se encuentran abundantes vetas y vetillas de pirita masiva, unas pocas con halos de sericita y en menor cantidad vetillas de cuarzo-pirita±molibdenita±muscovita. Externamente una envoltura de illita-caolinita, seguido de clorita-sericita verde-caolinita-especularita y lazulita y más allá clorita, specularita y calcita, la cual se extiende por más de 3 km x 2 km. Según estos rasgos, el pórfido Chumpe podría pertenecer a un pulso intermineral (Sillitoe, 2017; comunicación personal). El pórfido está datado en 6.6 (+1;-3.6) Ma por U/Pb en zircón por Beuchat (2003).

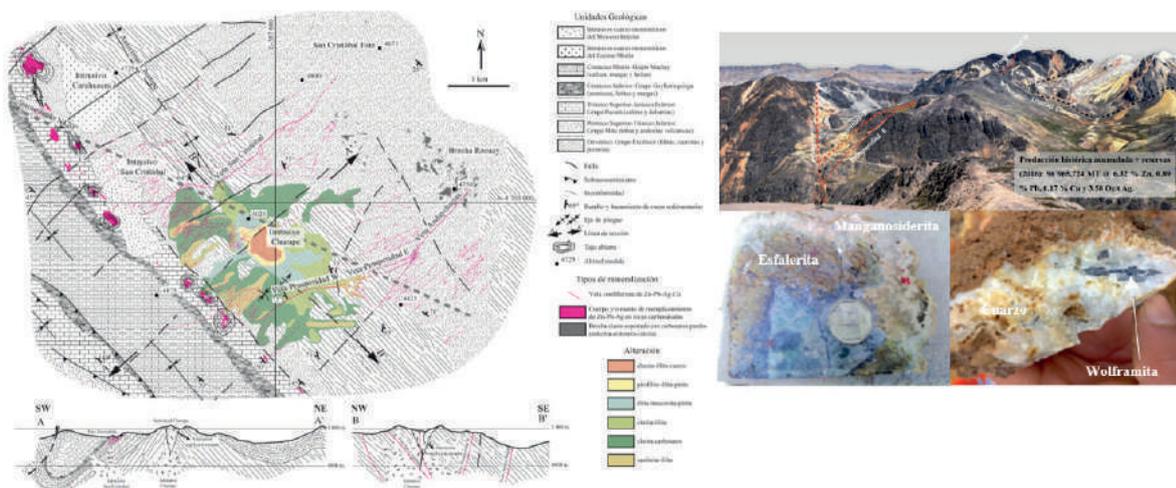


Figura 1. Mapa geológico de San Cristóbal. Imagen muestra el Lithocap Chumpe. Abajo muestras de mano.

Figura 1. Mapa geológico de San Cristóbal. Imagen muestra el Lithocap Chumpe. Abajo muestras de mano.

DISTRIBUCIÓN COMPOSICIONAL Y MINERAL A ESCALA DE LA VETA

Las vetas Andaychagua y Prosperidad, están localizada 3 km al sureste de la veta San Cristóbal, en el flanco este del anticlinal Chumpe y tienen una longitud de 5 y 1.5 km respectivamente. Las vetas atraviesan rocas volcánicas y piroclásticas del Grupo Mitu y filitas del Grupo Excelsior. La

orientación varía desde N 35° E a N 41° E en la veta Andaychagua y N 57° E a N 70° E en la veta Prosperidad. Los buzamientos van desde 75° a 90° al noroeste. Sus potencias varían desde 0.5 a 7.5 m. En las vetas, la variación del contenido metálico y la abundancia mineral de las etapas definidas en la paragénesis (etapa cuarzo-pirita-wolframita, etapa de metales base y etapa de carbonatos) permiten identificar 3 principales zonas: Zona Cu (en profundidad, debajo de la cota 3 800), con concentraciones de Cu > 1 % y compuesta por calcopirita,

cuarzo ± (esfalerita, galena, pirita, arsenopirita, pirrotita); Zona Zn-Pb-(Ag) (parte intermedia, entre la cota 3 800 y 4 200), típicamente con valores de Zn >7 % y ratios Zn/Pb >5, consta de esfalerita marrón oscuro a marrón claro ± (galena, pirita, arsenopirita, cuarzo, calcopirita, manganosiderita, baritina); Zona Ag-Pb-(Zn) (parte intermedia y alta, por encima de la cota 4 200), con valores de Ag >7 Oz/t, Zn < 7% y ratios Zn/Pb <5, conformada por esfalerita marrón claro, galena, manganosiderita, baritina, rodocrosita, cobres grises ± (acantita, arsenopirita, esfalerita rojiza, pirita, platas rojas, cuarzo, illita). Esta zona contiene una banda de 200 m de potencia con leyes de Cu entre 0.1 y 0.5 % asociado a cobres grises. Por otro lado, valores de Au >3 ppm, Sb >350 ppm, Ba >0.7 %, Mn >15 % y Ag <30 ppm, ocurren en las partes más altas y están asociados con el incremento de manganosiderita, rodocrosita, baritina, cuarzo, arsenopirita ± (marcasita, estibina) y la aparición de carbonatos de la serie ankerita-dolomita. Cabe señalar la posibilidad de ocurrir una zona en profundidad, con ensambles de wolframita.

La veta San Cristóbal, la principal estructura del distrito, está ubicada a <1 km al este del intrusivo Chumpe y tiene una longitud de aproximadamente 5 km. Pertenece a un sistema compuesto por varios ramales y lazos sigmoides. La veta atraviesa rocas piroclásticas del Grupo Mitu y filitas del Grupo

Excélsior. Muestra un rumbo que oscila entre N 50° E a N 90° E, con buzamientos entre 50° y 60° SE. La potencia de la veta varía desde 1 a 10 m. La distribución metálica y mineralógica es más compleja. Sectores con altos valores de Ag (>7 Oz/t), Zn (>7 %), Pb (>3 %), Cu (>1 %) y WO₃ (>0.5 %) coexisten. Ag entre 3 y 7 Oz/t ocurre a lo largo y en profundidad (algunos tramos > 7 Oz/t). El Pb muestra concentraciones >1 % al centro y en profundidad. El Zn y Cu aumentan sus contenidos en el contacto del Gp. Mitu y Excélsior (hasta >7 % y >5 % respectivamente). El Zn continúa hacia el suroeste entre 3 y 5 %, mientras que el Cu disminuye a <0.5 %. Hacia el noreste el Cu se mantiene entre 0.5 y 3% cerca de 1.3 km. Valores de WO₃ >0.5 % son restringidos espacialmente a diques cuarzo-monzoníticos del intrusivo Chumpe. Por otro lado, cocientes Zn/Pb muestran valores irregulares a lo largo de la veta y definen posibles direcciones de flujo del fluido hidrotermal hacia el suroeste. La coexistencia de valores altos de Ag, Zn, Pb, Cu y WO₃, cocientes Zn/Pb y otras líneas de evidencia como asociaciones de carbonatos, esfalerita, galena, sulfosales Ag, calcopirita y wolframita son sugerentes de procesos de contracción (“telescoping”) del fluido hidrotermal.

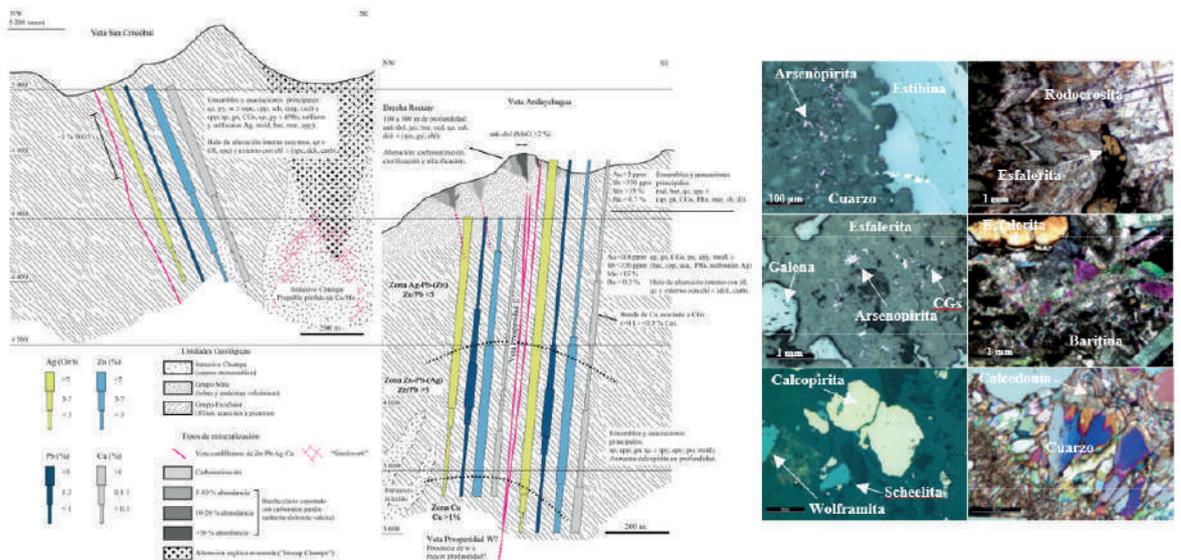


Figura 2. Modelo interpretativo de la distribución metálica, mineralógica y cocientes metálicos Zn/Pb a escala de las vetas. A la derecha se muestran microfotografía de secciones delgadas doblemente pulidas mostrando las principales asociaciones y ensambles.

DISTRIBUCIÓN COMPOSICIONAL Y MINERAL A ESCALA DEL DISTRITO

La zonación metálica reconocida en una veta (e.j. veta Andaychagua y Prosperidad), con Ag en las partes altas e intermedias, Zn-Pb en las partes intermedias y Cu en profundidad; también es mostrada en superficie a escala del distrito. La abundancia mineral de las etapas definidas en la paragénesis (etapa de cuarzo-pirita-wolframita, metales base y carbonatos) varía en diferentes partes de las vetas. Esta variación es acompañada de cambios en las concentraciones de metales. Así, menas de W y Cu (wolframita, calcopirita y bornita, cobres grises) son encontrados en el centro del distrito cerca al Pórfido-Lithocap Chumpe. En este sector típicamente los valores de WO_3 y Cu son $>0.5\%$. Menas de Zn, Pb y Ag (esfalerita, galena, cobres grises, sulfuros y sulfosales Ag) incrementan en partes más externas, mostrando concentraciones $>7\%$, $>1\%$ y $>7\text{ Oz/t}$ respectivamente. De esta manera, la zonación metálica a escala del distrito está definida por una parte central de W, seguido de una zona de Cu, una zona intermedia de Zn-Pb-(Ag) y una zona externa de Ag-Pb-(Zn). Un halo

externo compuesto de minerales de la sub-etapa ankeritadolomita (zona de carbonatos Ca-Fe-Mg-(Mn)) envuelve a las demás zonas. Este halo es considerado como parte de las manifestaciones hidrotermales de las partes más altas o distales de sistemas polimetálicos cordilleranos.

INCLUSIONES FLUIDAS

El distrito de San Cristóbal exhibe un decrecimiento de la temperatura de formación en aproximadamente $100\text{ }^\circ\text{C}$ desde la zona W en la veta San Cristóbal ($\sim 260\text{ }^\circ\text{C}$) hasta las zonas más distales (Ag-Pb-(Zn) y carbonatos Ca-Fe-Mg-(Mn)), localizados 3.5 km al sureste (Veta Andaychagua); donde se registran temperaturas de homogenización $<200\text{ }^\circ\text{C}$. Estos resultados demuestran que la distribución mineral y zonamiento metálico fue debido principalmente a gradientes de temperatura. Además, se percibe una disminución conjunta entre temperatura de homogenización y salinidad en las diferentes etapas de mineralización.

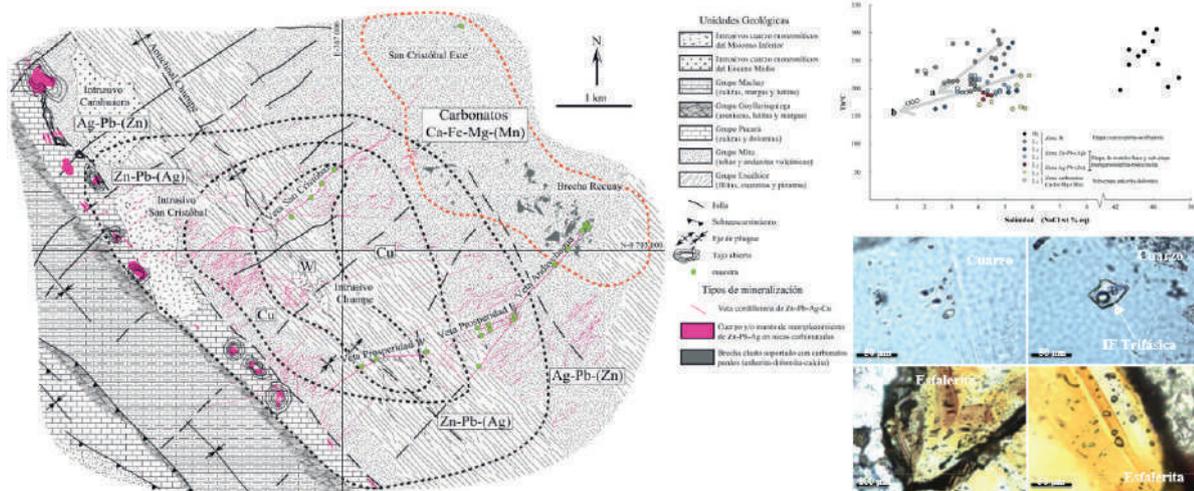


Figura 3. Zonamiento metálico idealizado en superficie a escala del distrito. Modificado de Kobe (1990). Puntos en verde pertenecen a muestras para estudio de inclusiones fluidas.

CONCLUSIONES

En el distrito de San Cristóbal, la zonación metálica en una veta, con Ag-Pb-(Zn) en partes altas e intermedias, Zn-Pb-(Ag) en partes intermedias y Cu en profundidad, también es reconocida en superficie a escala del distrito, con una relación espacial al Pórfido-Lithocap Chumpe. Por otro lado, en la zona W en la veta San Cristóbal, coexisten altas concentraciones de Ag, Zn, Pb, Cu y WO_3 ,

sugiriendo una posible contracción (“telescoping”) del fluido hidrotermal.

El distrito exhibe un decrecimiento de la temperatura de formación en aproximadamente $100\text{ }^\circ\text{C}$ a través de la paragénesis, desde la zona W en la veta San Cristóbal ($\sim 260\text{ }^\circ\text{C}$) hasta las zonas más distales (Ag-Pb-(Zn)), localizados a 3.5 km al sureste (Veta Andaychagua), donde se registran temperaturas de homogenización $<200\text{ }^\circ\text{C}$. Estos re-

sultados demuestran que el zonamiento metálico y mineral fue debido principalmente a gradientes de temperatura.

Los patrones de zoneamiento metálico y mineralógico en depósitos cordilleranos polimetálicos (Zn-Pb-Cu-(Ag-Au)) podrían indicar la presencia de un lithocap y/o mineralización tipo pórfido de Cu.

REFERENCIAS

Bendezú, R., & Fontboté, L. (2009). Cordilleran epithermal Cu-Zn-Pb-(Au-Ag) Cordilleran epithermal Cu-Zn-Pb-(Au-Ag) patterns. *Econ. Geol.*, v. 104, p. 905-944.

Beuchat, S. (2003). Geochronological, structural, isotopes and fluid inclusion constrains of the polymetallic Domo de Yauli distric, Peru. *Unpublished PhD thesis, University of Geneva, Switzerland*, 129 p.

Catchpole, H., Kouzmanov, K., Putlitz, B., Seo, J., & Fontboté, L. (2015). Zoned base metal mineralization in a porphyry system:- Origin and evolution of mineralizing fluids in the Morococha District, Perú. *Econ. Geol.*, v. 110, p. 39-71.

Kobe, H. (1990). Metallogenic evolution of the Yauli Dome, Central Perú. A Summary. *In: L. Fontboté et al., Stratabound Ore Deposits in the Andes, Berlin: Springer-Verlag.*