

Exploration outlooks for upper cretacic and paleocene porphyry copper belt, Inca de Oro – Carrera Pinto mining districts, Atacama Region, Chile.

Juan José Latorre M.¹, Miguel Zauschkevich D.² y Aldo Dal Santo C.³

¹ Latorre AGM SpA, Av. Las Tranqueras 830, Las Condes, Santiago, Chile (jjlatom@gmail.com)

² Inversiones Cisnes S.A., Coyancura 2241, of. 81, Providencia, Santiago, Chile (slmmila@tie.cl)

³ Inversiones Cisnes S.A., Coyancura 2241, of. 81, Providencia, Santiago, Chile (adalsantocid@yahoo.com)

1. Abstract

La faja prospectiva de Inca de Oro-Carrera Pinto tiene 40x20 km y corresponde a un antiguo cluster minero; sus depósitos y prospectos más relevantes de tipo pórfido cuprífero son: *Inca de Oro* (460.1 Mill ton @ 0.41% Cu, 0.1 gpt Au y 0.01% Mo), *Carmen* (45.8 Mill ton @ 0.34% Cu, 0.34 gpt Au y 1 gpt Ag), *Atlántida* (427.1 Mill ton @ 0.2% Cu, 0.34 ppm Au y 27 ppm Mo) y *Caldera-Cisnes*. Los complejos intrusivos productivos del Cretácico Superior y Paleoceno están localmente cubiertos por una litocapa con potencial prospectivo. Los desafíos son: realizar un levantamiento estructural y de asociaciones de alteración hidrotermal de detalle para identificar bloques alzados prospectivos y asociaciones minerales de mayor temperatura dentro de la litocapa e integrar y complementar la información geoquímica y geofísica para generar nuevos blancos.

The Inca de Oro-Carrera Pinto is a 40x20 km prospective belt and it is part of an old mining cluster; the most relevant porphyry copper deposit and prospects occurring within this belt are: *Inca de Oro* (460.1 Mill ton@0.41% Cu, 0.1 gpt Au and 0.01% Mo), *Carmen* (45.8 Mill ton @ 0.34% Cu, 0.34 gpt Au and 1 gpt Ag), *Atlántida* (427.1 Mill ton @ 0.2% Cu, 0.34 ppm Au and 27 ppm Mo) and *Caldera-Cisnes*. Productive Upper Cretaceous and Paleocene intrusive complexes are locally covered by a prospective lithocap. Future work in this belt should include: structural and hydrothermal alteration detailed mapping to identify uplifted blocks and high temperature mineral associations within the lithocap and, integrating geochemical and geophysical information for target generation.

2. Introducción

La faja de 40x20 km en estudio, emplazada entre los pueblos de Inca de Oro y Carrera Pinto

está ubicada en la tercera Región a 80 km al norte de Copiapó. Corresponde a un segmento del cinturón metalogénico de pórfidos de Cu-Au-Mo del Cretácico Superior y Paleoceno (Petersen, 1999). En el entorno de la localidad de Inca de Oro, se conocen a lo menos 4 proyectos de exploración en distintas etapas de avance y cuenta con una excelente infraestructura (Figura 1).



Figura 1 Plano de ubicación distritos mineros y prospectos principales.

3. Marco geológico distrital

El área está caracterizada por un sistema de falla regional de orientación NS conocido como falla Chivato, la cual tiene una larga historia de deformación (Grocott and Taylor, 2002). Los complejos intrusivos del Cretácico Superior y Paleoceno están interrumpiendo una secuencia de rocas volcánicas y volcanocásticas jurásicas y

cretácicas, a las cuales sobreyacen rocas carbonatadas cretácicas. Estas unidades están cubiertas discordantemente por un sistema de calderas de edad paleocena con rocas volcánicas de composición ácida a intermedia y gravas terciarias (Matthews et al, 2006).

4. Historia minera

Se reconocen tres distritos mineros dentro de la franja: Inca de Oro-San Pedro de Cachiyuyo, Tres Puntas-Chimberos (Ag) y Carrera Pinto-Puquios (Cu). En el primero de ellos la explotación de vetas auríferas y brechas de cobre, oro y molibdeno de San Pedro de Cachiyuyo (Ortiz, 1974) data de varios siglos. Tres Puntas-Chimberos es un distrito minero argentífero importante con actividades durante el período (1848 – 1922). En Carrera Pinto-Puquios “La Dulcinea” ha sido la mina más importante durante el período (1854–1929) con leyes de cobre entre 11-14% (Geovirtual 2020, a, b, c y d). Los prospectos más relevantes de tipo pórfido cuprífero son: *Inca de Oro* de Codelco-Panaust (460.1 Mill ton @ 0.41 % Cu, 0.1 gpt Au y 0.01% Mo) (Panaust, 2013), *Carmen de Panaust* (45.8 Mill ton @ 0.34% Cu, 0.34 gpt Au y 1 gpt Ag) (Panaust, 2012), *Atlántida* de Golden Arrow (427.1 Mill ton @ 0.2% Cu, 0.34 ppm Au y 27 ppm Mo) (Inmet 2012 en GlobeNewswire, 2018) y *Caldera-Cisnes* de particulares.

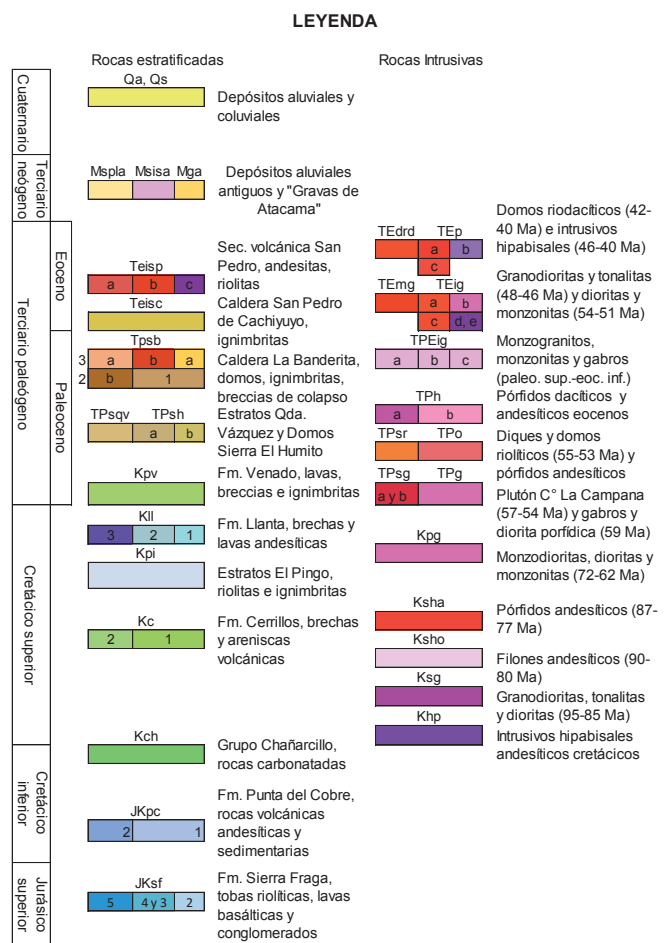
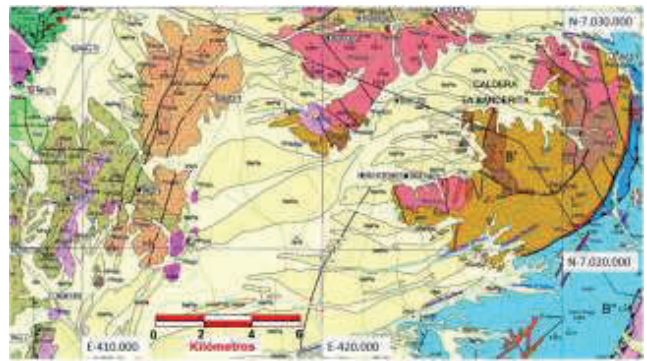
5. Casos de prospectos tipo pórfido cuprífero

5.1. Inca de Oro

El proyecto de tipo pórfido de cobre y oro está ubicado en los alrededores del pueblo homónimo; está emplazado en una secuencia de rocas volcano-sedimentarias de Fm. Punta del Cobre (Jurásico superior-cretácico inferior); se reconocen apófisis de intrusivos de composición intermedia, alteración biotítica y feldespato potásico, zonas sericiticas discretas a moderadas y la mineralización primaria es calcopirita, la cual ocurre diseminada, en vetillas tempranas (tipo A) y en stockwork con cuarzo, feldespato potásico, anhidrita y magnetita con una alta correlación Cu-Au (Rivera et al, 2006). El cuerpo mineralizado se ubica bajo una cubierta de gravas, rocas estériles y lixiviadas de más de 100 m de espesor. El proyecto se encuentra en estado de exploración básica avanzada.

5.2 Litocapa Caldera-Cisnes

El prospecto está ubicado 10 km al sur del pueblo de Inca de Oro, en el sector conocido como Llano del Humito; está protegido por 7.918 hás y corresponde a una litocapa emplazada en rocas volcanoclásticas ácidas terciarias cuyos afloramientos silíceos están rodeados por alteración argílica avanzada y parcialmente cubiertos por gravas terciarias (Figura 2).



Basada en Carta Inca de Oro, 1:100.000 (Mathews et al, 2006)

Figura 2 Plano geológico de superficie sector prospecto Caldera-Cisnes.

Durante el período 2017-2019 First Quantum Minerals (FQM) llevó a cabo un extenso programa de exploración geológica, geoquímica y geofísica que incluyó la perforación de 16 sondajes diamantinos totalizando 11.284,05 m y se ha logrado identificar un sistema tipo pórfido cuprífero emplazado bajo los 500 m de profundidad; está constituido por intersectos de diques de pórfido con leyes de hasta 0.7% de Cu y cuerpos de brechas ígneas hidrotermales de hasta 1.8% Cu (Figura 3), los cuales están aparentemente emplazados sobre un centro de batolito magnético con alteración potásica (Burlando, 2019). Se reconocieron asociaciones de alteración, mineralización y vetillas tempranas favorables (Zauschkevich, en prep), sin embargo, FQM concluyó que el potencial remanente del proyecto tendría un emplazamiento profundo (Burlando, op cit). A nuestro juicio, el desafío es identificar bloques alzados dentro de la propiedad. En etapa de exploración básica de seguimiento.

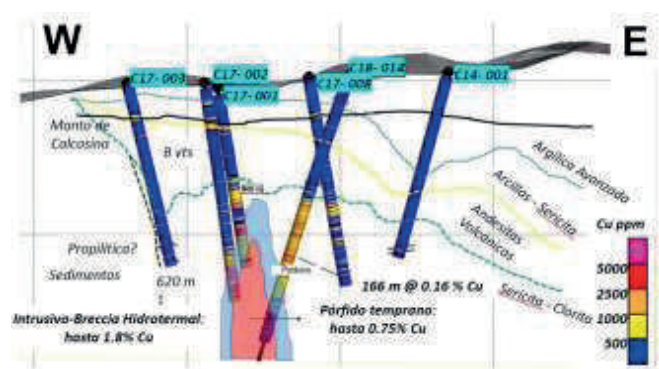


Figura 3 Sección de exploración prospecto Caldera-Cisnes.

6. Modelo regional de exploración de litocapas.

Definición: son dominios de alteración de subsuperficie, groseramente estratificados y extensos tanto lateral con dimensiones de hasta 10 km como verticalmente con dimensiones de más de 1 km; se forman cuando magmas ácidos generan fluidos hidrotermales y reaccionan con la roca encajonante durante el ascenso a la paleosuperficie (Sillitoe, 1995); corresponde a la fase vapor del fluido hidrotermal que se condensa en la superficie y se deposita sobre ésta, solidificándose posteriormente en forma de Si de alta pureza (Hedenquist et al, 1998). El fluido mineralizador principal proviene de una roca con textura porfídica que provoca un colapso hidrotermal, fenómeno que hace posible su ascenso (Sillitoe, 2010). Una

litocapa productiva es *Valeriano* de 13.0x4.5 km de extensión (Sillitoe et al, 2016); está ubicado a 100 km al este de la ciudad de Copiapó, en la faja de intrusivos miocena y mediante la perforación de 14.270 m de sondajes, de hasta 1.857 m de largo se logró identificar la transición completa desde un ambiente epitermal de alta sulfuración con brechas hidrotermales y costrones mineralizados en superficie, hasta un sistema de tipo pórfido representado por una granodiorita con stockwork de vetillas A, alteración potásica y mineralización de calcopirita>bornita (Burgoa et al, 2015).

7. Conclusiones

La franja en estudio se ubica dentro de un metalotecto favorable y está caracterizada por la ocurrencia de algunos intrusivos productivos que generan sistemas de tipo pórfido cuprífero, brechas de turmalina localmente mineralizadas por cobre, oro y molibdeno y vetas tardías de oro-cobre. Los prospectos están localmente cubiertos por remanentes de una extensa litocapa con potencial prospectivo, y para su modelamiento se compara con la litocapa del prospecto Valeriano. Estos constituyen un cluster que hace posible generar sinergias tanto en infraestructura como en la construcción de una planta de tratamiento común. Los desafíos de exploración son: realizar un levantamiento estructural y de asociaciones de alteración hidrotermal de detalle, incluyendo la zonación de los halos propiliticos (Orovan and Hollings, 2020) para identificar bloques alzados prospectivos y asociaciones minerales de mayor temperatura en la litocapa e integrar y complementar la información geoquímica y geofísica disponible para generar nuevos blancos.

Agradecimientos

Se agradece a Inversiones Cisnes por facilitar la información del prospecto Caldera-Cisnes y a la Cámara Minera de Chile por su auspicio.

Referencias

- Burgoa, C, Hopper, D. y Ambrus, J., 2015. Exploración profunda de un pórfido Cu-Au bajo el Litocap Valeriano: Geología y Zonación del Sistema Hidrotermal, Región de Atacama, Chile. XIV Congreso Geológico Chileno, págs. 36-39.
- Burlando, J., 2019. Caldera-Cisnes Final Report. First Quantum Minerals. Informe inédito, 34 págs.

- Geovirtual, 2020a. Ficha distrito Inca de Oro, Región de Atacama, 2 págs.
- _____, 2020b. Ficha minas San Pedro, Inca de Oro, Región de Atacama, 1 pág.
- _____, 2020c. Ficha minas Tres Puntas, Región de Atacama, 1 pág.
- _____, 2020d. Ficha minas Puquios y Dulcinea, Región de Atacama, 1 pág.
- GlobeNewswire, 2018. Golden Arrow Expands into Chile with Agreement to Acquire the Ataltida Copper-Gold Project, 3 págs.
- Grocott, J. and Taylor, G.K, 2002. Magmatic arc fault systems, deformation partitioning and emplacement of granitic complexes in the Coastal Cordillera, north Chilean Andes (25°30'S to 27°00'S. *Journal of the Geological Society*, Vol. 159, págs. 452-442.
- Hedenquist, J. W., Arribas Jr., A. and Reynold, T.J., 1998. Evolution of an Intrusion-Centered Hydrothermal System: Far Southeast – Lepanto Porphyry and Epithermal Cu-Au Deposits, Philippines. *Economic Geology*. Vol 93, N°4, págs. 373-403.
- Matthews, S.J., Cornejo, P. y Riquelme, R., 2006. Carta Inca de Oro N°102. Sernageomin. Mapa a escala 1 :100.000, 79 págs.
- Orovan, E. and Hollings, P., 2020. Exploring the green rock environment: An Introduction. *Economic Geology*, Vol 115, págs. 695-700.
- Ortiz, F., 1974. Geología del yacimiento cuprífero Manto de Cuba y depósitos minerales adyacentes. Distrito San Pedro de Cachiyuyo, Inca de Oro, prov. de Atacama. Memoria para optar al título de Geólogo. Universidad de Chile, 177 págs.
- Pan Aust, 2012. Carmen Gold Deposit, Chile. ASX Announcement, 4 págs.
- Pan Aust, 2013. Proyecto Inca de Oro en presentación a inversionistas, 2 págs.
- Petersen, U., 1999. Magmatic and Metallogenic Evolution of the Central Andes. In *Geology and Ore Deposits of the Central Andes*. Society of Economic Geologist, Special Pub. N° 7, Chapter 4, págs. 109-153.
- Rivera, S., Baeza, L., Kovacic P. y Martínez, A. 2006. Primeros antecedentes de la Geología del Pórfido de Cu-Au-Mo Inca de Oro, Tercera Región de Atacama, Chile. XI Congreso Geológico Chileno, págs. 339-341.
- Sillitoe, R.H., 1995. Exploration of porphyry copper lithocaps. In *Proceedings of the 1995 PACRIM Congress*. Australasian Institute of Mining and Metallurgy, págs. 527-532.
- Sillitoe, R.H. 2010. Porphyry Copper Systems. *Society of Economic Geologists. Economic Geology*, Vol. 105, págs. 3-41.
- Sillitoe, R.H., Burgoa, C. and Hopper, D.R., 2016. Porphyry Copper Discovery beneath the Valeriano Lithocap, Chile. *Society of Economic Geologists, Newsletter*, N°106, 7 págs.
- Zauschkevich, M., en prep. Modelo de alteración hidrotermal de Litocapa Caldera-Cisnes, Región de Atacama, Chile. Tesis para Magister en Geología Económica. Universidad Católica del Norte.