

PROYECTO DE EXPLORACIÓN NAZARETH

Gustavo E. Villón Durand, Miroslav Kalinaj

Las Begonias 441, Of. 338 San isidro, lima 27, Perú

La franja metalogenética de Sn en Sudamérica, se extiende por más de 1,200km de largo con un ancho variable entre 40 y 100km, desde el S del Perú hasta el NE de Argentina, es la manifestación más oriental de la orogenia Andina Central post-Paleozoica del S de Perú y Bolivia occidental, incluye el dominio magmático de Arco interno referido por Clark et al. (1984). Presenta su mayor desarrollo en Bolivia y constituye una de las provincias estanníferas más ricas del mundo, en Perú se caracteriza por la coexistencia de mineralización estannífera y polimetálica con edades comprendidas entre el Paleozoico y el Terciario (Clark et al., 1984; Kontak et al., 1990a; Kontak y Clark, 2002). En la mayoría de los casos, la mineralización se asocia con stocks de monzogranito a granodiorita de afinidad peraluminosa tipo S (Kontak y Clark, 2002).

En el Perú corresponde a la franja metalogenética XIX de depósitos de Sn-Cu-W relacionados con intrusivos del Oligoceno-Mioceno y depósitos epitermales de Ag-Pb-Zn (Au), está limitada por dos grandes sistemas de fallas con rumbo andino (NW-SE), al W el sistema de fallas Urcos-Sicuani-Ayaviri y al E el sistema de fallas de la Cordillera Real.

La mina San Rafael es el principal depósito de Sn del Perú, la edad de mineralización está entre 22 y 25Ma. La mineralización se presenta en vetas de casiterita-cuarzo-clorita, brechas hospedadas en grandes fallas verticales y cuerpos que contienen casiterita acicular ubicada en la parte superior del sistema. Ha sido trabajada desde 1920 cuando Lampa Mining Corporation explotaba cobre en los niveles superiores. En el año 1977, el tonelaje y ley de estaño se incrementa significativamente a partir del descubrimiento de un "Ore Shoot", el cual en 1978 contenía 216,960 toneladas con ley promedio de 10.47%.

La mineralización de Sn y Cu subordinado fue confinada a zonas de cizallas frágiles de extensión lateral y vertical, generada por la tectónica regional que corta un pequeño stock monzogranítico a granodiorítico epizonal datado en 24.65 ± 0.20 Ma por $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ en biotitas (Clark et al., 2000), de fuerte composición peraluminosa, tipo S con cordierita y biotita (Kontak y Clark, 2002).

El Proyecto Nazareth se encuentra ubicado en el distrito de Ajoyani, provincia de Carabaya en el departamento de Puno, a una altitud variable entre 4,600 y 5,000 m.s.n.m. a 5 km al NE de San Rafael sobre lo que antiguamente fue la Mina Carabaya. Según datos históricos, en 1974 Minera Carabaya S.A. desarrolla las primeras actividades de exploración y en 1980 inicia la producción de concentrado de Pb-Ag hasta el año 1991. Posteriormente se han desarrollado programas de exploración y remuestreo hasta el año 2004 que fue liquidada.

Las vetas hospedando mineralización polimetálica y estannífera poseen rumbo NW-SE buzando al NE (vetas San Rafael, Jorge, Vicente, Quenamari y Nazareth). Fallas normales NW-SE post-mineralización con buzamiento NE (fallas Estancococha y Suytococha) afectan todo el domo, resultando en una depresión de la parte oriental del domo con respecto a la parte occidental.

Con respecto a la litoestratigrafía, el núcleo está compuesto de pizarras gris oscuro a negro, con intercalaciones de cuarcitas y areniscas pertenecientes a la Formación Sandía (Ordovícico Superior). En la parte central del domo, se superpone al metamorfismo regional un metamorfismo de contacto que se traduce por la aparición de manchas de andalucita en los taladros de perforación diamantina se ha podido diferenciar hornfels. El Grupo Ambo descansa en disconformidad sobre la Formación Sandía, la discordancia se debería al sobre-escurrimiento creado durante las fases de la orogenia andina. El Grupo Ambo está constituido por areniscas feldespáticas beige-marrón de grano fino a medio en general, con intercalaciones de limoarcillas de color gris a negro (10-30%).

Las rocas de la Formación Sandía, y localmente el Grupo Ambo, han sido intruidas por stocks y varios diques de composición monzogranítica peraluminosa con megacristales de feldespato potásicos en una

matriz más fina de cuarzo, plagioclasa, biotita y cordierita con edad de $24.6-24.7 \pm 0.2$ Ma (U-Pb sobre zircón y monazita, Clark et al. 2000).

En el año 2010 el área del Proyecto Nazareth quedó enmarcada dentro de la concesión minera Nueva Acumulación Quenamari- San Rafael de propiedad de MINSUR S.A. A fines del año 2010, se inicia el cartografiado geológico a detalle (1:2,000) y toma de muestras de superficie en el sector denominado Nazareth 1 y 2. A partir de setiembre del año 2013 se incrementa la actividad en la zona, dando mayor énfasis en el cartografiado de estructuras, muestreo geoquímico en superficie y labores subterráneas permitiendo reinterpretar y sustentar un programa de perforación diamantina que se inició en diciembre del mismo año.

A partir de los resultados obtenidos de la campaña de exploración se puede definir un sector de transición con mineralización pirrotita >> Casiterita-Calcopirita > Esfalerita (Fe >> Cu-Sn > Zn) de aproximadamente 250m de potencia que separa la mineralización polimetálica con predominio de esfalerita sobre galena (Zn > Pb > Ag) hacia la superficie y la mineralización de Casiterita asociada con alteración de clorita en profundidad. Al igual que en San Rafael, se puede diferenciar 4 fases principales de alteración y mineralización: La primera es definida como una etapa estéril de cuarzo-turmalina (con contenido menor de arsenopirita) la misma que se presenta en areniscas e intrusivo, la segunda etapa es caracterizada por cuarzo-clorita y casiterita (se observa en vetas que se emplazan por debajo del nivel 3970msnm). La etapa III se caracteriza por abundantes sulfuros principalmente pirrotita, pirita, calcopirita, esfalerita, galena y casiterita (Zona de transición, 4330msnm). La última etapa correspondería a vetas de cuarzo-fluorita que cortaría a todos los eventos posteriores. Las vetas de las etapas II y IV se presentan como relleno de fracturas abierto con oquedades (vugs) que son indicativas de condiciones hidrostáticas a diferencia de las venillas de la fase I que son más irregulares y finas (selladas) que corresponderían a predominio de presión litostática. Se ha identificado en afloramiento, labores subterráneas y taladros diamantinos, brechas con clastos de cuarzo – fluorita con alto contenido de Sn (Veta San Gregorio), clastos de sulfuros con halos de casiterita (Nazareth1 y Nazareth2) en matriz de sulfuros lo que indicaría que existió reapertura y sobreimposición de eventos. En función a los resultados de la campaña de exploración hasta la fecha podemos afirmar que estructuras de sistema de vetas Nazareth demuestra similar ensamble mineralógico y zonalidad de mineralización en comparación con estructuras mineralizadas en la mina San Rafael. Los planes son continuar con la campaña de perforación con el propósito de definir la continuidad de la estructura hacia el NW, SE y en profundidad así mismo definir potencial económico de la zona.

REFERENCIAS

1. Ángeles C, Palacios J y Igreda R (2004) Geología de superficie de los sectores de San Martín – Villas de José y Cerro Linso (Mina San Rafael). Reporte no publicado para Minsur SA.
2. Carlotto V, Quispe J, Acosta H, Rodríguez R, Romero D, Cerpa L, Mamani M, Díaz-Martínez E, Navarro P, Jaimes F, Velarde T, Lu S y Cueva E (2009) Dominios Geotectónicos y Metalogénesis del Perú. Bol. Soc. Geol. Perú 103: 1-89.
3. Clark AH, Palma VV, Archibald DA, Farrar E, Arenas MJ, Robertson RCR (1983) Occurrence and age of tin mineralization in the Cordillera Oriental, Southern Peru. Econ Geol 78:514–520
4. Clark AH, Farrar E, Kontak DJ, Langridge RJ, Arenas Figueroa MJ, France LJ, McBride SL, Woodman PL, Wasteneys HA, Sandeman HA, Archibald DA (1990) Geologic and geochronologic constraints on the metallogenic evolution of the Andes of southeastern Peru. Econ Geol 85:1520–1583
5. Clark AH, Chen Y, Grant JW, Kontak DJ, Wasteneys HA, Sandeman HA, Farrar E, Archibald DE (2000) Delayed inception of ore deposition in major lithophile-metal vein systems: the San Rafael tin and Pasto Bueno tungsten deposits, Peru: 2000, Geological Society of America Abstracts with Programs, v. 32, no. 7, Reno, Nevada, A-279.
6. Clark AH, Kontak DJ (2004) Fe-Ti-P Oxide Melts Generated through Magma Mixing in the Antauta Subvolcanic Center, Peru: Implications for the Origin of Nelsonite and Iron Oxide-Dominated Hydrothermal Deposits. Economic Geology 99: 377–395.
7. Luque P (2006) Informe de remuestreo en labores de Veta Quenamari – mina Carabaya. Reporte interno Minsur S. A., 8p.
8. Kontak DJ (1985) The magmatic and metallogenetic evolution of a craton orogen interface: The Cordillera de Carabaya, central Andes, SE Peru: Unpublished Ph.D. dissertation, Kingston, Ontario, Queen's University, 714 p.

9. Kontak DJ, Clark AH (1988) Exploration criteria for tin and tungsten mineralization in the Cordillera Oriental of southeastern Peru. In: Taylor RP, Strong DF (eds) Recent advances in the geology of granite-related mineral deposits. Proc CIM Conference on Granite-Related Mineral Deposits. Can Inst Mining Metall Spec Vol 39:157–169.
10. Kontak DJ, Clark AH (2002) Genesis of the giant, bonanza San Rafael lode tin deposit, Peru: origin and significance of pervasive alteration: *Econ Geol* 97: 1741-1777.
11. Mlynarczyk MSJ (2005) Constraints on the genesis of lode-style tin mineralization: evidence from the San Rafael tin-copper deposit, Peru. PhD Thesis McGill University, Montreal, 360 p.
12. Mlynarczyk MSJ y Williams-Jones AE (2006) Zoned tourmaline associated with cassiterite: implications for fluid evolution and tin mineralization in the San Rafael Sn-Cu deposit, Southeastern Peru. *The Canadian Mineralogist* 44: 347-365.
13. Moore, J.G., and Sisson, T.W., 2008, Igneous phenocrystic origin of K-feldspar megacrysts in granitic rocks from the Sierra Nevada batholith. *Geosphere* 4: 387-400.
14. Palma VV (1981) The San Rafael tin-copper deposit, SE Peru: Unpublished M.Sc. thesis, Kingston, Ontario, Queen's University, 235 p.
15. Sandeman HA, Clark AH (2004) Commingling and mixing of S-type peraluminous, ultrapotassic and basaltic magmas in the Cayconi volcanic field, Cordillera de Carabaya, SE Peru. *Lithos* 73: 187– 213.
16. Sandeman HA, Clark AH, Farrar E, Arroyo G (1997) Lithostratigraphy, petrology and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology of the Crucero Supergroup, Puno Department, SE Peru: *Journal of South American Earth Sciences* 10: 223–245.
17. Sibson, R.H., 1986. Brecciation processes in fault zones: Inferences from earthquake rupturing. *Pure Appl. Geophys.* 124: 159–174.