COMPARACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS PORFIRÍTICOS DE Cu-Mo y Au-Cu DEL NORTE DEL PERÚ (REGIÓN CAJAMARCA)

Raymond RIVERA, Jorge QUISPE, Italo RODRÍGUEZ, Eder VILLARREAL & Pedro NAVARRO

INGEMMET, Av. Canadá 1470, Lima 41
rrivera@ingemmet.gob.pe, jquispe@ingemmet.gob.pe; irodriguez@ingemmet.gob.pe, evillarreal@ingemmet.gob.pe, pnavarro@ingemmet.gob.pe

INTRODUCCIÓN

El área de materia de investigación alberga depósitos tipo pórfido de Cu-Au-Mo de gran tonelaje como Michiquillay, Minas Conga, El Galeno, Cerro Corona, entre otros. Además, contiene depósitos epitermales de Au-Ag, donde destaca el depósito de clase mundial de Yanacocha y depósitos polimetálicos con superposición epitermal, como es el caso del distrito minero de Hualgayoc.
Esta investigación tiene como objetivo relacionar y comparar los sistemas porfiríticos de Au-Cu (Minas Conga) y Cu-Mo (El Galeno).

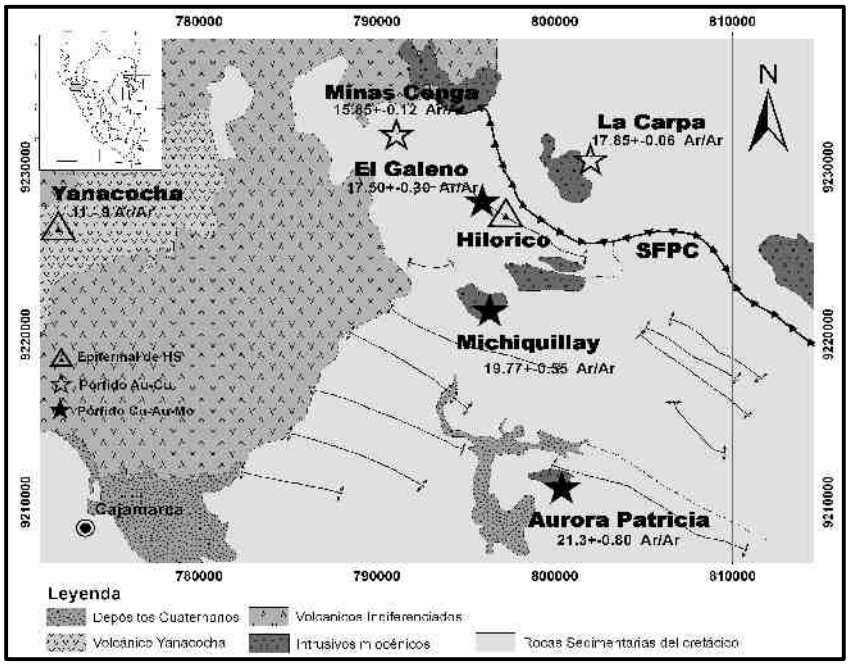

Fig. 1.- Mapa de distribución de los sistemas porfiríticos del norte del Perú y su relación con el sistema de fallas Punre-Canchis-Magistral (SFPC).

METODOLOGIA DE TRABAJO

El trabajo de gabinete se desarrolló tomando como principal fuente de consulta los trabajos geocientíficos desarrollados por Davies (2002), Noble (2004) y Gustafson et al., (2004). El trabajo de campo se realizó en las áreas de los depósitos porfiríticos de El Galeno (Cu-Mo) y Minas Conga (Au–Cu, Chailhuagón y El Perol). Durante esta etapa se tomaron muestras selectivas de diversos tipos de venillas, según su cronología relativa y contenido mineralógico. Además, se extrajeron muestras de las rocas hospedantes para análisis químicos de tierras raras, elementos traza y relaciones isotópicas de plomo. Los análisis isotópicos de plomo, vienen siendo realizados en el Laboratorio de Geocronología de la Universidad de Sao Paulo (USP), por lo que no podrán ser incluidos en esta publicación.

GEOLOGÍA REGIONAL

Los depósitos El Galeno (Cu-Mo) y Minas Conga (Au-Cu) forman parte de la extensa franja metalogénica del centro y norte del Perú conocida como la Franja de Pórfidos Cu-Mo (Au-W) (Quispe et al., 2007). Las rocas más antiguas del área, son rocas sedimentarias mesozoicas de plataforma, con espesores mayores a 2000 m y constituyen el substrato Cretácico (Benavides-Cáceres, 1956). Estas rocas están compuestas de areniscas del Grupo Goyllarisquisga y son cubiertas discordantemente rocas calcáreas de las formaciones Inca, Chulec, Pariatambo, Yumagual, Mujarrun y al tope por la Formación Cajamarca (Benavides-Cáceres, 1956; Wilson, 1985a). Las secuencias sedimentarias se encuentran cubiertas en forma discordante rocas volcánicas del Eoceno - Mioceno tardío (Grupo Calipuy).
Los stocks intrusivos miocénicos varían composicionalmente de dioritas a granodioritas.

CONTROLES ESTRUCTURALES DE LOS SISTEMAS PORFIRÍTICOS

Los controles estructurales de los sistemas están constituidos por el sistema de fallas regionales NO-SE Punre-Canchis-Magistral (SFPCM), con registros de dos movimientos; uno dextral durante el Paleoceno-Oligoceno (**Fig. 2a**) y sinestral en el Mioceno (**Fig. 2b**). Esta última fase de deformación habría generado zonas de tensión, permitiendo la circulación de fluidos magmáticos-hidrotermales en el área. Aparentemente, los movimientos dextral y sinestral del SFPCM, estarían relacionados con el cambio de orientación de la convergencia (aproximadamente 20° en sentido del reloj) de la placa de Nazca (Pardo Casas & Molnar, 1984).
Otros lineamientos identificados, corresponden a fallas con orientaciones NO a ONO, que son cortadas por otro sistema de fallas con orientación NE-SO, algunas con movimiento sinestral (Vidal y Noble, 1994) y que podrían estar relacionadas con la deformación del Paleoceno-Oligoceno. Las fallas con orientación NE-SO tienen una influencia en un área de 30 a 40 km de ancho por aproximadamente 200 km de largo y que constituyen el corredor estructural Chicama – Yanacocha (Quiroz, 1997).

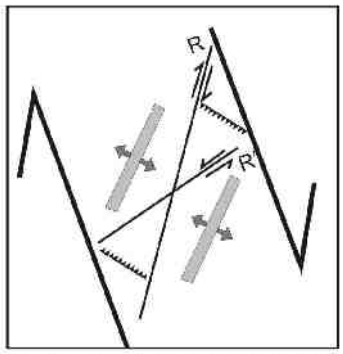

Fig. 2a.- Sentido del movimiento del SFPCM durante el Paleógeno. (modelo Riedel)

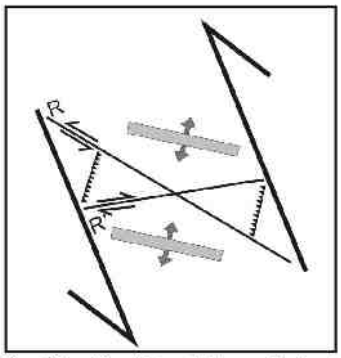

Fig. 2b.- Sentido del movimiento del SFPCM durante el Mioceno. (modelo Riedel)

Los resultados de los análisis cinemáticos para el Mioceno, sugieren que las fallas con orientación NE-SO, tuvieron movimientos dextrales, tal como se identificaron en el área de El Galeno (Davies, 2002). Mientras que, las fallas con orientación NO-SE del SFPC registran movimientos sinestrales para dicho período de tiempo geológico, evaluadas en el área del depósito Chaihualgón de Minas Conga (Harvey et al., 1999). Por consiguiente, los sistemas porfiríticos del norte del Perú estarían estructuralmente controlados por sistemas de fallas transcurrentes.

EVOLUCIÓN MAGMÁTICA-HIDROTERMAL DE LOS SISTEMAS PORFIRÍTICOS

EDADES DE MINERALIZACIÓN

Tomando como base una nueva data geocronológica desarrollada por Davies (2002), Gustafson et al., (2004) y Noble (2004) se ha realizado una interpretación de la geocronología magmática en la región de Cajamarca, norte del Perú.

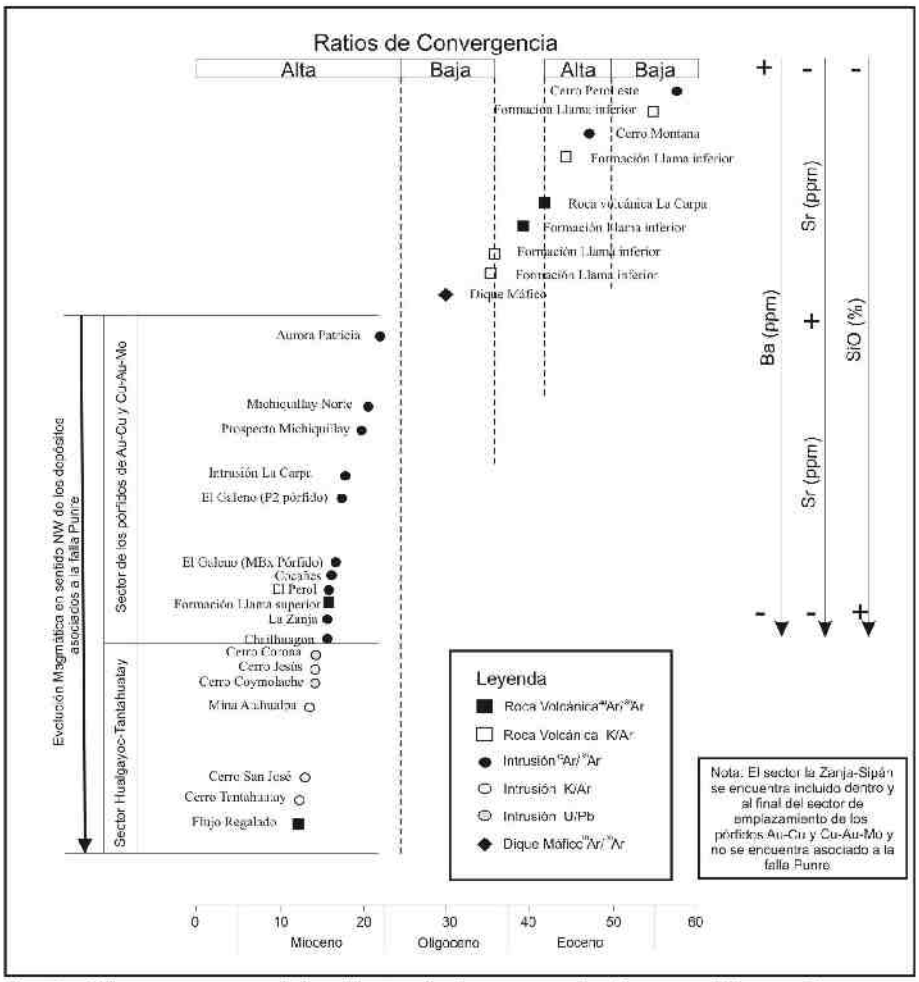

Fig. 3.- Diagrama esquemático ilustrando la geocronología magmática en el sector este de la región de Cajamarca. Gráfico modificado de Davies, C. (2002).

En la **Fig. 3** se puede observar la evolución temporal de los stocks Miocénicos mineralizados y estériles (Aurora Patricia, Michiquillay, El Galeno, Minas Conga), con un periodo de emplazamiento de 5.72 Ma.

Los resultados de edades radiométricas de muestras de Minas Conga (Chaihualgón: 15.85±0.12 Ma, Ar/Ar; biotita, Noble et al., 2004) y El Galeno (17.5±0.3 Ma, Ar/Ar, biotita; Davies, 2002), demuestran que los pórfidos de Au-Cu (Minas Conga, Cerro Corona y otros) son más jóvenes que los pórfidos de Cu-Mo (El Galeno y otros).

Davies (2002), interpretó que El Galeno fue el último pórfido emplazado, pero ahora se sabe que los pórfidos más jóvenes corresponden a Minas Conga.

GEOQUÍMICA DE ROCAS

Los stocks miocénicos de la región Cajamarca registran concentraciones de sílice de 47.9% a 68.8%, afinidad calcoalcalina y alto contenido de potasio. Según la relación de los intrusivos con los depósitos tipo pórfido de Cu-Au-Mo, se les ha diferenciado como estériles y asociados con la mineralización. Las intrusiones estériles muestran un cociente promedio de Nb/Yb 4.62. Mientras que, las intrusiones

relacionadas con la mineralización, tienen un promedio de 6.32 y menor contenido de tierras raras ligeras (LREE) que los intrusivos estériles
El modelamiento de fusión parcial (**Fig. 4**) nos indica además que las intrusiones relacionadas con la mineralización provienen de un fraccionamiento dominado por fases hidratas, enriquecidas en anfíboles (hornblendas) y biotitas (Davies, 2002).

Pearce (1996) presenta una clasificación de granitoides en diversos ambientes tectónicos, empleando los contenidos de Y+Nb y Rb (**Fig. 5**).
Se puede apreciar que los granitoides estériles (cuadrados) y los relacionados con la mineralización (estrellas), se encuentran en un marco tectónico de arco volcánico, donde los intrusivos relacionados con la mineralización son potencialmente favorables por depósitos de Cu-Au-Mo.
Además, ambos tipos de intrusivos son clasificados como granitoides "tipo I", caracterizados por una alta fugacidad de oxígeno , anomalías negativas de Nb y estrecha asociación con las mineralizaciones de Cu, Mo, Au, Pb y Zn (Pearce, 1996).

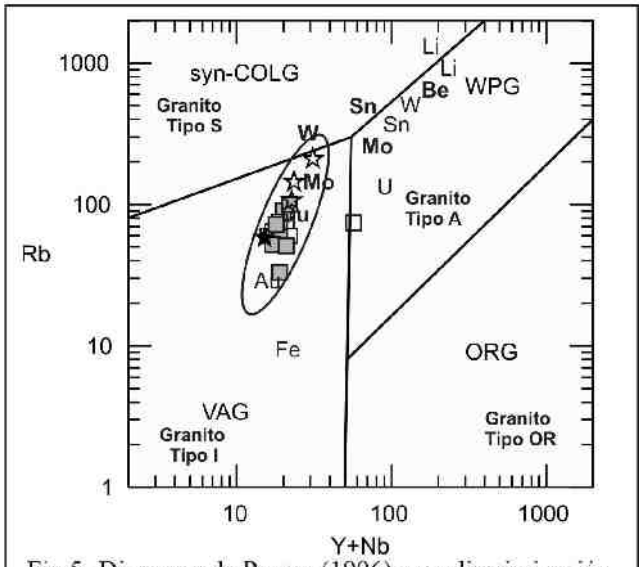

Fig.5.-Diagrama de Pearce (1996) para discriminación tectónica de granitos (pórfidos del norte del Perú)

GEOQUÍMICA ISOTÓPICA

En un contexto regional, las rocas igneas miocénicas de Cajamarca y Hualgayoc (favorables por depósitos de Cu-Au-Mo, Au-Ag-Pb-Zn) tienen mayor contenido de estroncio inicial (Sr_i) que las rocas ígneas cretácicas-paleocenas del segmento norte del Batolito de la Costa (favorable por depósitos de Au y Cu), pero mucho menores que el Batolito de la Cordillera Blanca (favorable por depósitos de (W-Cu).

Los datos de ε_{Nd} y $(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$ de Davies (2002), han sido plasmados en el gráfico de la **Fig. 6.** Dicho gráfico permite entender la evolución magmática, fuente de la actividad magmática y grados de contaminación cortical.
En su conjunto, los intrusivos miocénicos tienen una fuente mantélica, contenidos de $(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$ de 0.70424 a 0.70501, ε_{Nd} de +2.98 a +0.56 y tendencia de alto ε_{Nd} y bajo Sr_i a bajo ε_{Nd} y alto Sr_i debido a una ligera influencia de la corteza inferior.

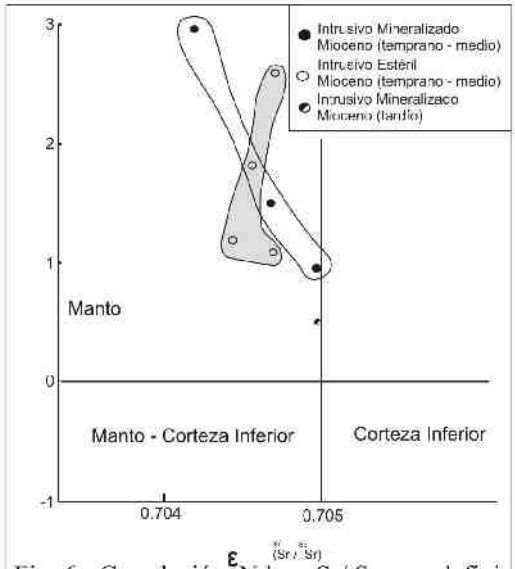

Fig. 6.- Correlación ε_{Nd} vs $^{87}Sr/^{86}Sr$ para definir origen del magmatismo.

Debido a que los sistemas pórfiríticos de Cu-Mo y Au-Cu del norte del Perú presentan un fuerte control estructural (SFPCM), se puede interpretar que las fallas serían de niveles corticales profundos

(según los resultados de geoquímica isotópica), generando un retroceso de la actividad mágmática hacia el oeste.

CONCLUSIONES

Los sistemas porfiríticos se encuentran controlados por el sistema de fallas NO-SE de niveles corticales profundos Punre-Canchis-Magistral (SFPCM), con dos fases de deformación dextral en el Paleoceno-Oligoceno y sinestral durante el Mioceno.

Los resultados geocronológicos muestran que los sistemas porfiríticos de Au- Cu (Minas Conga) son más jóvenes que los de Cu-Mo (El Galeno). Además, permiten interpretar una migración magmática hacia el oeste controlada por el SFPCM.

Los cocientes promedios de Nb/Yb, sugieren que las intrusiones miocénicas estériles (Nb/Yb = 4.62) tienen una menor diferenciación magmática que las intrusiones relacionadas con la mineralizaciones de Cu-Au-Mo (Nb/Yb = 6.32).

Los resultados análisis geoquímico por Sr muestran que los pórfidos miocénicos tienen poca contaminación cortical.

Los resultados de isótopos radiogénicos (ε_{Nd} y $^{87}Sr/^{86}Sr$) permiten interpretar que la fuente de mineralización es de origen mantélico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Benavides, C.V. 1956. Cretaceous system in northern Peru. American Museum of natural History Bulletin, 108: p. 355-493.

Benavides, C.V. 1999. Orogenic evolution of the Peruvian Andes: the Andean cycle. En: B.J. Skinner (editor). Geology and ore deposits of the Central Andes. Society of Economic Geologists. Special publication N° 7: p. 61-107.

Davies, C. 2002. Tectonic, magmatic and metallogenic evolution of the Cajamarca mining district, northern Peru. Unpub PhD. Thesis, james Cook Univeristy, Australia.

Gustafson, L; Vidal, C; Pinto, R; Noble, D. 2004. Porphyry-Epithermal transition, Cajamarca region, Northern Peru. En Society of Economic Geologists. Special Publication N° 11 p. 279-299.

Harvey, B. A., Myers, S. A. y Klein, T., 1999. Yanacocha gold district, northern Peru. Pacrim´99, Bali, Indonesia, 10-13 octubre: p. 445 – 449.

Noble, D. C. (2004) Space-time relationships of some Porphyry Cu-Au, epithermal Au, and other magmatic related mineral deposits in northern Peru. Society of Econonomic Geology, Special Publication N° 11, p. 313-318.

Pardo-Cassas, F. y Molnar, P. 1987. Relative motion of the Nazca (Farallón) y South American plate since late Cretaceous time . Tectonic, 6: p. 233-248.

Pearce, J. 1996. Source and settings of granitic rocks. Episodes vol. 19, N° 4, p. 120 – 125.

Quiroz , A. 1997. **E**l corredor estructural Chicama – Yanacocha y su importancia en la Metalogenia del norte del Perú. IX Congreso Peruano de Geología. Resúmenes extendidos. SGP, Vol. Especial 1 (1997), Lima, p. 149 – 154.

Quispe, J., Carlotto, V., Macharé, J., Chirif, H. 2007. Nuevo mapa metalogenético del Peru. Reporte interno INGEMMET, p. 6.

Vidal, C. E. y Noble, D. C. 1994. Yacimientos hidrotermales controlados por magmatismo y estructuras en la región central del Perú. Resúmenes extendidos, VIII Congreso Peruano de Geología, Sociedad Geológica del Perú, Publication Especial N° 1: p. 48 – 52

Wilson, J. J., 1985a Mapa geológico del cuadrángulo de Celendín, hoja 14g. Sector Energia y Minas, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. República del Perú.