

CONTROLES TECTONO-MAGMÁTICOS EN EL SUR DEL PERÚ (72°-70°30' Y 14°-16°S). IMPLICANCIAS METALOGENÉTICAS.

Luis Cerpa, Cristina Cereceda, Daniel Torres, Luis Muñoz, Rigoberto Aguilar, Juan Martínez, Diego Siesquen, Antonio Chacón.

INGEMMET, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Av. Canadá 1470 San Borja, Lima-Perú, lcerpa@ingemmet.gob.pe

INTRODUCCIÓN

El sector Sur del Perú entre la zona de Chivay-Condoroma-Ocuviri, ubicada en los límites de los departamentos de Cusco, Arequipa y Puno, afloran rocas mesozoicas y cenozoicas. En los últimos años se han llevado a cabo muchos estudios regionales orientados a la evolución de las cuencas sinorogénicas y los controles geológicos locales. En el presente trabajo se trata de explicar los aspectos tectónicos y magmáticos que tienen que ver con los tipos de mineralizaciones y la metalogénia.

GEOLOGÍA Y METALOGENIA

La zona de estudio se localiza en plena Cordillera Occidental, entre el alto estructural Condoroma-Cailloma y el Altiplano Occidental (Carlotto et al., 2009). Esta zona muestra un basamento mesozoico (formaciones Labra, Hualhuani, Murcoy-Arcurquina) que aflora cercana a las fallas principales, principalmente en el Alto Condoroma-Caylloma (Fig. 1). Sobreyaciendo a estas unidades y en discordancia erosional se hallan los depósitos de conglomerados de la Formación Anta (Eoceno superior-Oligoceno inferior), que presentaolistolitos de caliza, de la Formación Arcurquina, y que es común y reportado a nivel regional (Carlotto, 2002). Erosionando a esta unidad yacen los volcánicos cenozoicos.

Trabajos anteriores agrupan esta sucesión volcánica en: grupos Tacaza, Palca y Sillapaca (Klink et al., 1986); posteriormente y en contexto de un arco principal-arco interno (Clark et al., 1990) indican que los flujos piroclásticos, lavas y depósitos volcánoclasticos pertenecen a la evolución de dos arcos principales: Arco Tacaza y Arco Sillapaca, posteriormente denominado Arco Huaylillas (Mamani et al., 2010). Sin embargo, la cartografía al detalle así como la recopilación de data geocronológica y geoquímica, indican que este volcanismo cenozoico y sus productos corresponderían a la evolución de tres arcos magmáticos: Tacaza (30-24 Ma), Palca (24-18 Ma) y Sillapaca (16-10 Ma) (Cereceda et al., 2010), que estratigráficamente corresponden a tres grupos Tacaza, Palca y Sillapaca (Fig. 1).

El Grupo Tacaza está constituido por flujos piroclásticos de líticos y cenizas y pómez, ricos en cristales, flujos piroclásticos de bloques y ceniza, y lavas andesíticas; en la zona de Lagunillas se han reportado niveles de andesitas absarokíticas (Wasteneys, 1990), estos productos pertenecen a la evolución de 10 centros volcánicos y 7 secuencias volcánicas cuyo centro de emisión no fue reconocido.

El Grupo Palca está compuesto por flujos piroclásticos de bloques y cenizas, flujos de líticos, y escasos depósitos de flujos de lava andesítica-dacítica grises, que fueron emplazados por 13 centros volcánicos de carácter explosivo. El Grupo Sillapaca está compuesto principalmente por depósitos de flujos de lava, flujos piroclásticos de bloques y ceniza y escasos flujos piroclásticos de pómez y cenizas rico en cristales; emitidos por 15 paleocentros de emisión.

Interdigitados a los flujos piroclásticos de los grupos Palca y Sillapaca, están los depósitos fluviales y fluviolacustres del Grupo Maure, que se originaron producto de la sedimentación en las cuencas transpresivas de Descanso-Yauri, Condoroma y Tinajani, cuya actividad empieza alrededor de 24-22 Ma y culmina con la colmatación de estas entre los 7-5 Ma (Cerpa & Meza, 2001; Carlotto et al., 2005; Torres, 2011). Sin embargo en algunas zonas se desarrollaron entre los 16 y 12 Ma, pequeñas cuencas de naturaleza compresiva como la cuenca Ccanccosane (Cerpa et al., 2012).

Sobreyaciendo a estas unidades y en leve discordancia se encuentran los productos volcánicos del Grupo Barroso (10-3 Ma) del cual se identificaron 12 centros de emisión.

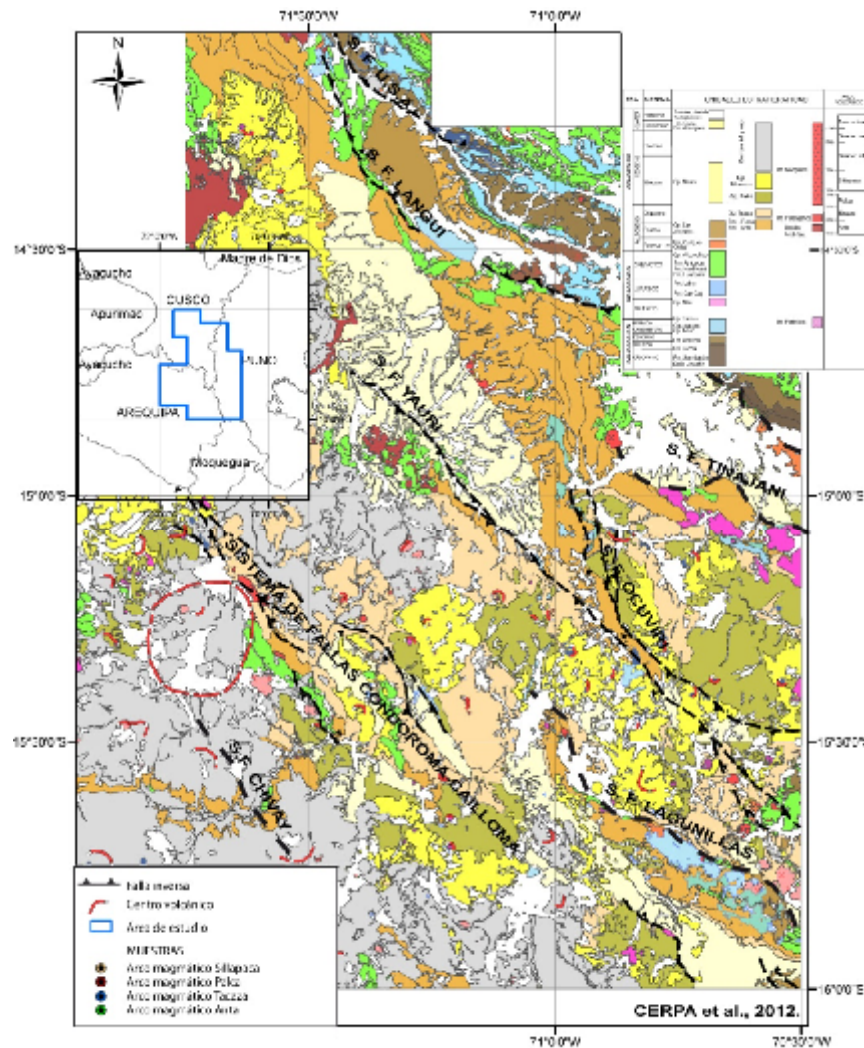


Fig. 1. Mapa Geológico de la zona de estudio.

La falta de dataciones radiométricas fue suplida identificando las firmas geoquímicas de cada grupo (Cerpa & Cereceda, 2010), método que nos permitió afinar el cartografiado geológico y la estratigrafía de las rocas volcánicas en base a los centros de emisión. La interpretación de estas firmas geoquímicas nos indica la profundidad de asimilación, fuente, fases minerales principales y contenido de agua de los magmas, que posteriormente desarrollan sistemas hidrotermales.

Los análisis de los valores geoquímicos, en base a las razones de elementos incompatibles, Ce/Y, señalan que los magmas del Arco Tacaza se emplazaron en una corteza menor a 45 km aproximadamente. Mientras que los magmas de los arcos Palca y Sillapaca se habrían emplazado a profundidades mayores (50-80 km). Todos estos arcos presentan una afinidad adakítica (Cereceda et al., 2010, Cereceda et al., 2012).

Por otra parte en la zona de estudio se reconocieron 8 sistemas de fallas principales, todas de rumbo NO-SE y de longitud kilométrica: Tinajani, Ocuvi, Cute-Pilino, Lagunillas, Yauri, Condoroma-Cailloma, Chivay y Madrigal. Estas estructuras habrían controlado la evolución sedimentaria, de las cuencas Tinajani, Descanso-Yauri y Condoroma; y habrían creado corredores estructurales, con estructuras menores de rumbo EO, NE-SO y NS, por donde se emplazaron los centros de emisión de

los distintos productos volcánicos cenozoicos. Los análisis estructurales realizados en la zona (Torres et al., 2010; Cerpa et al., 2011, Muñoz et al., 2012) muestran direcciones cuatro eventos de deformación, los cuales son compatibles con la evolución del Cenozoico del sur del Perú (Carlotto et al., 2005).

El evento compresivo más antiguo (mayor a 24 Ma) está registrado a nivel regional en la discordancia entre la Formación Anta y el Grupo Tacaza. Cerca a los 24-22 Ma se registra un movimiento sinistral inverso en los sistemas de fallas de Langui, Condoroma y Tinajani que habrían dado origen a las cuencas Descanso-Yauri, Condoroma (Cerpa & Meza, 2001; Carlotto et al., 2002; Torres et al., 2010) y Tinajani respectivamente. Así mismo habría generado las estructuras adecuadas para el emplazamiento de los centros volcánicos del Arco Magmático Palca.

Posteriormente una dirección de esfuerzo de rumbo N60° es registrado entre 18-16 Ma (Muñoz et al., 2012) deforma las estructuras y crea una circulación de fluidos hidrotermales en los sistemas de fallas Yauri, Ocuvi, Cuta-Pilínco, Madrigal y Cailloma, con estructuras locales de rumbo NE-SO, E-O y NS, donde se emplazaron yacimientos epitermales de intermedia y baja sulfuración (Echevarría et al., 2006, Aguilar et al., 2011; Muñoz et al., 2011, Cerpa et al., 2011, Muñoz et al., 2012) e.g. Cailloma hospedado en rocas de ~20 Ma (Echevarría et al., 2006) pertenecientes al centro volcánico Soncco, con estructuras N-S y NE-SO, que presentan ejes de acortamiento N55° y edad de mineralización de 18.35 Ma (Echevarría et al., 2006).

Entre los 16-10 Ma los paleoesfuerzos registrados tienen dirección N45° que formaron condiciones propicias para el emplazamiento de centros volcánicos del Arco Sillapaca. Posteriormente entre 10-8 Ma un evento registrado presenta un eje de acortamiento E-O, que se manifiesta en componentes inversos y reactivación de las cuencas miocenas (Cerpa & Meza, 2001; Torres, 2011) y cercano al emplazamiento de los centros volcánicos habría generado estructuras E-O, NE-SO y N-S (Muñoz et al., 2012) que habrían facilitado la circulación de fluidos asociados a yacimientos epitermales de alta sulfuración. E.g. Aruntanico controles NE, ENE asociado al centro volcánico Machucondori y emplazado en flujos pertenecientes a este centro (Loayza et al., 2006).

La última etapa de deformación (7-3) está relacionada a una compresión regional de rumbo ONO-ESE que produce movimientos de rumbo sinistral en las fallas regionales, que habría controlado la colmatación de las cuencas Descanso-Yauri, Condoroma y Tinajani (Cerpa & Meza, 2001, Carlotto et al., 2002; Torres et al., 2010, Torres, 2011).

CONCLUSIÓN

La evolución del vulcanismo cenozoico del sur del Perú, es producto del emplazamiento de 3 arcos magmáticos (Tacaza, Palca y Sillapaca). Los paleocentros de emisión se instalaron a lo largo de 8 sistemas de fallas regionales. Estos sistemas de fallas registraron 6 etapas de deformación, ligados a movimientos sinistral, similares a los movimientos registrados en el Altiplano (Carlotto et al., 2002). Los picos de deformación (>24, 24-22 y 16-10 Ma) están ligados al emplazamiento de cámaras magmáticas favorables para la formación de los arcos Tacaza, Palca y Sillapaca, así mismo controlaron la profundidad de emplazamiento y la composición geoquímica de los magmas. Mientras que los periodos de deformación (18-16 y 10-8 Ma) están relacionados a la circulación de fluidos hidrotermales, que formaron posteriormente yacimientos epitermales de baja e intermedia sulfuración, para los más antiguos, y yacimientos epitermales de alta sulfuración para el segundo.

REFERENCIAS

- Aguilar, R., Cerpa, L., Muñoz, L., Torres, D., Cereceda, C. (2011) Magmatism and Tectonics of Miocene volcanic centers, their relationship with hydrothermal deposits: Condoroma-Paratía area, Southern Peru. XXX Curso Latinoamericano de Metalogenia. Colombia. Resúmenes Extendidos.

- Carlotto, V. (2002). Évolution andine et raccourcissement au niveau de Cusco (13-16°S), Pérou. *Geologie Alpine, Mémoire H.S.*, 39, 203 p.
- Carlotto, V., Jaillard, E., Carlier, G., Cárdenas, J., Cerpa, L., Flores, T., La Torre, O. & Ibarra, I. (2005).- Las Cuenas Terciarias Sinorogénicas en el Altiplano y en la Cordillera Occidental del Sur del Perú. *Soc. Geol. Perú, Vol. Esp. 6*: 103-126.
- 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., Cueva, E. (2009) Dominios geotectónicos y metalogénesis del Perú. *Bol. Soc. Geol. Perú* 103:1-89.
- Cereceda, C., Cerpa, L., Mamani, M., Torres, D., Muñoz, L., Aguilar, R. (2010) Características geoquímicas del volcanismo cenozoico del sur del Perú en el sector Condoroma-Ocuviri: Implicancias en la estratigrafía volcánica y mineralización. XV Congreso Peruano de Geología Resúmenes Extendidos. *Soc. Geol. Perú. Pub. Esp. N°9, Cusco*. 911-914.
- Cereceda, C., Cerpa, L., Muñoz, L., Siesquen, D., Aguilar, R. (2012) Afinidad adakítica y sus implicancias en la evolución del magmatismo cenozoico y la tectónica en el Sur del Perú. *Presente volumen*.
- Cerpa, L. & Meza, P. (2001). Las cuencas neógenas del sur del Perú, la cuenca Descanso-Yauri (Mioceno): evolución sedimentológica y tectónica. Tesis Ing. Geólogo, Universidad Nacional San Antonio Abad, Cusco, 130 p.
- Cerpa, L. & Cereceda, C. (2010) Discriminación de eventos volcánicos mediante análisis geoquímico: Ejemplo los centros volcánicos Cota-Cota y Sibayo (Cuadrángulo de Condoroma). XV Congreso Peruano de Geología Resúmenes Extendidos. *Soc. Geol. Perú. Pub. Esp. N°9, Cusco*. 1108-1110.
- Cerpa, L., Cereceda, C., Torres, D., Muñoz, L., Aguilar, R., Rodríguez, F. (2011) Geología del Cuadrángulo de Condoroma, hoja 31-t, escala 1:50,000. INGEMMET, Boletín, Serie A. Carta Geológica Nacional, 143, 96p.
- Cerpa, L., Muñoz, L.M., García, B. & Carlotto, V. (2012) Sedimentología de la Cuenca Ccancosane (Mioceno inferior). Santa Lucía. Puno. *Presente volumen*.
- Clark, A.H., Farrar, E., Kontak, D.J., Langridge, R.J., Arenas, M.J., France, L.J., McBride, S.L., Woodman, P.L., Wasteneys, H.A., Sandeman, H.A., Archibald, D.A. (1990) Geologic and Geochronologic Constraints on the Metallogenic evolution of the Andes of Southeastern Peru. *Economic Geology*, 85:1520-1583.
- Echevarria, L., Nelson, E., Humphrey, J., Chavez, J., Escobedo, L., Iriondo, A. (2006) Geologic evolution of the Caylloma Epithermal Vein District, Southern Perú. *Economic Geology*. 101:843-853.
- Klinck, B.A., Ellison, R.A., and Hawkins, M.P. (1986). The Geology of the Cordillera Occidental and Altiplano West of Lake Titicaca, Southern Peru: Lima, Peru, Instituto de Geología, Minería y Metalurgia, preliminary report, 353 p.
- Loayza, D., Vasquez, E., Ríos, A.M., Barreda, J., Torres, J., Franco, Y. (2006) Geología de los depósitos Epitermales de alta sulfuración en el proyecto de Arasi-Puno. XIII Congreso Peruano de Geología Resúmenes Extendidos. *Soc. Geol. Perú. Pub. Esp.* 743-746.
- Mamani, M., Wörner, G., and Sempere, T. (2010). Geochemical variations in igneous rocks of the Central Andean orocline (13°S to 18°S): Tracing crustal thickening and magma generation through time and space. *Geological Society of America Bulletin* 122; 162-182 pp.
- Muñoz, L.M., Cerpa, L., Aguilar, R., Torres, D., Cereceda, C., Neyra, A. (2011) Estratigrafía volcánica y controles estructurales en la ocurrencia de yacimientos magmático-hidrotermales en el corredor Ocuviri-Paratía (Puno). Sur del Perú. XXX Curso Latinoamericano de Metalogenia. Colombia. Resúmenes Extendidos.
- Muñoz, L.M., Cerpa, L., Aguilar, R., Cereceda, C., Torres, D. (2012) Evolución tectónica-estructural del corredor Paratía-Ocuviri, Puno, sur del Perú: implicancias en el emplazamiento de centros volcánicos y depósitos minerales. *Presente volumen*.
- Torres, D. (2011). Sedimentología, Estratigrafía y Tectónica de la Cuenca Condoroma, Arequipa, Sur del Perú. Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de Ingeniería. 179 p. Lima – Perú.
- Torres, D., Cerpa, L., Muñoz, L., Carlotto, V. (2010) Evolución tectónica-estructural de una cuenca intramontañosas transpresiva: La cuenca Condoroma, Arequipa, Sur del Perú. XV Congreso Peruano de Geología Resúmenes Extendidos. *Soc. Geol. Perú. Pub. Esp. N°9, Cusco*. 822-825.
- Wasteneys, H.A.H.P. (1990) Epithermal Silver Mineralization Associated with a Mid-Tertiary Diatreme: Santa Barbara, Santa Lucía District, Puno Perú. PhD Tesis. Queen's University. Ontario, Canada. 367 p.