



Evolución tectónica-estructural del corredor Paratía-Ocuviri, Puno, sur del Perú: Implicancias para el emplazamiento de centros volcánicos y depósitos minerales

Luis Miguel Muñoz, Luis Cerpa, Rigoberto Aguilar, Cristina Cereceda, y Daniel Torres

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Av. Canadá 1470, San Borja, Lima, Perú (lmunoz@ingemmet.gob.pe)

1. Introducción

El corredor Paratía-Ocuviri se ubica en el límite de la Cordillera Occidental con el Altiplano, en el sur del Perú (Puno), y se caracteriza por presentar unidades volcánicas cenozoicas con numerosas manifestaciones minerales, algunas de éstas explotadas por plata desde épocas pre-hispánicas (Klinck et al., 1986). Sin embargo sólo trabajos a nivel regional (Klinck et al., 1984; Fletcher et al., 1989) conciernen a la zona, donde la relación entre estructuras, centros volcánicos y depósitos minerales es poco clara.

El presente trabajo, enmarcado en el Proyecto GR-13 ("Geología de la Cordillera Occidental del sur del Perú y su relación con los depósitos minerales") se basa en el cartografiado geológico-estructural de la zona y el tratamiento de datos obtenidos de microtectónica en estrías de fallas, con los cuales se describen los principales rasgos estructurales que controlan el emplazamiento de centros volcánicos y sus depósitos minerales asociados en el Corredor Paratía-Ocuviri.

2. Marco geológico

El substrato de la zona de estudio está representado por intercalaciones de conglomerados, areniscas y flujos piroclásticos del Grupo Anta, atribuido al Eoceno

superior-Oligoceno inferior (Carlotto, 2002). Sobre este basamento, predominan sucesiones de flujos lávicos, flujos piroclásticos, domos y cuerpos subvolcánicos (Fig. 1).

En base al cartografiado geológico-estructural, compilación de dataciones radiométricas, y geoquímica, las rocas volcánicas han sido agrupadas en 5 centros volcánicos: Pilinco, Capchane, Yanahuara (18.6 ± 0.7 Ma por K/Ar en roca total; Klinck et al., 1984), Turputa, y Machucondori; y 4 secuencias volcánicas: Llanasalla, Paratía, Acocunca, y Ocuviri (19.4 ± 0.8 Ma por Ar/Ar en biotita; Boudesseul et al., 2000).

A su vez, estos centros y secuencias volcánicas, emplazados en diversos periodos de actividad volcánica, han sido atribuidos a los siguientes grupos: Tacaza (Llanasalla y Acocunca; ~ 30 -24 Ma), Palca (Yanahuara, Paratía y Ocuviri; ~ 24 -18 Ma) y Sillapaca (Pilinco, Capchane, Turputa, Machucondori, de 16 a 10 Ma) (Cereceda et al., 2010a y 2010b; Aguilar et al., 2010; Mamani et al., 2010).

Además, en la zona se identificaron depósitos sedimentarios y volcano-sedimentarios atribuidos al Grupo Maure (Mioceno): e.g., las cuencas Descanso, Condoroma, y Tinajani (Flores y Rodríguez, 1999; Cerpa et al., 2001; Torres et al., 2010; Torres, 2011).

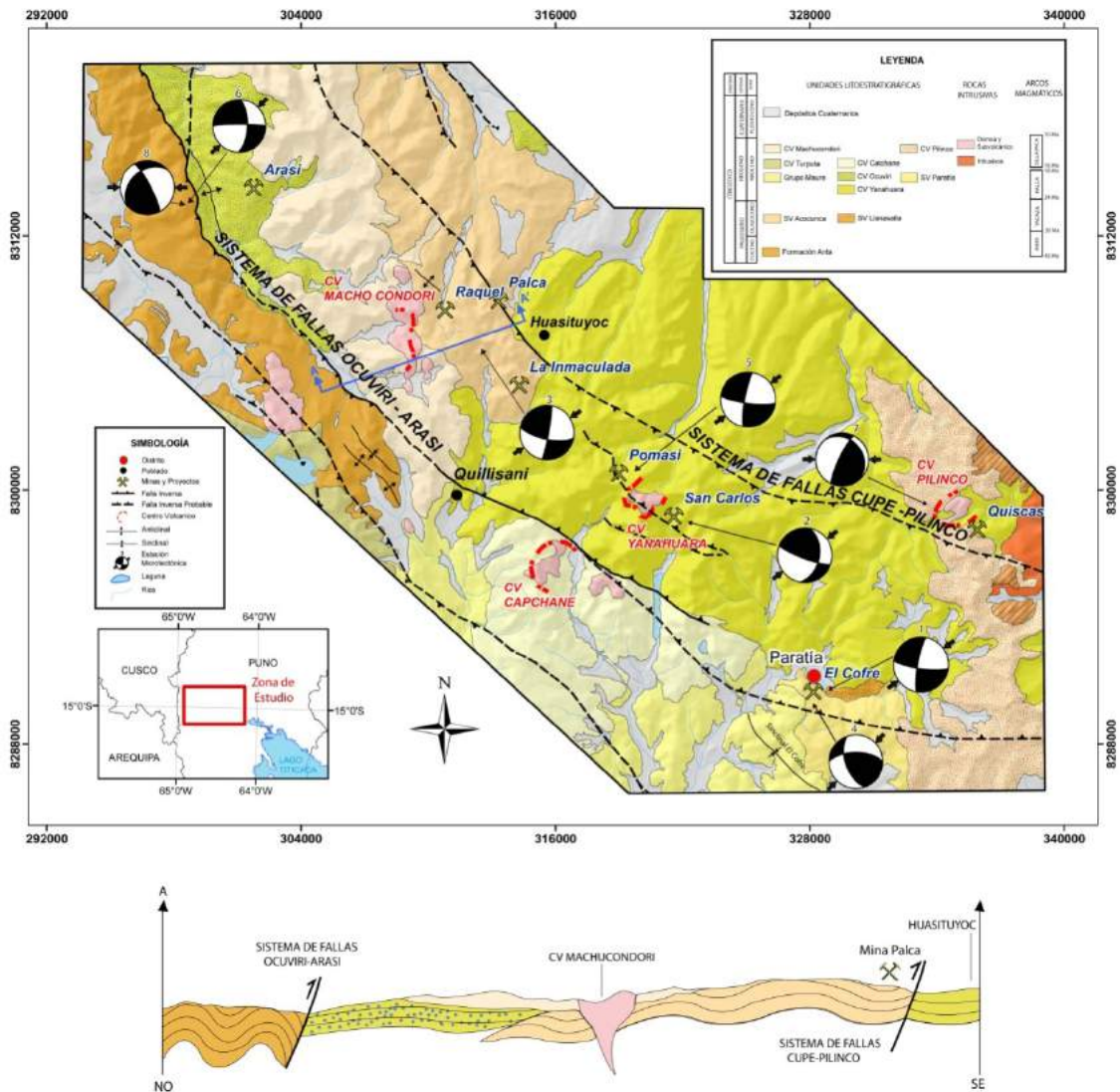


Figura 1. Mapa geológico de la zona de estudio, con sus respectivas estaciones de microtectónica. La parte inferior muestra la sección estructural A-A'.

3. Descripción de las principales estructuras

El corredor Paratía-Ocuvi se encuentra limitado estructuralmente al norte por el sistema de fallas Cupe-Pilínco, y al sur por el sistema de fallas Ocuvi-Arasi (Cerpa et al., 2012). Ambos sistemas estructurales tienen una orientación preferencial NO-SE.

El sistema de fallas Cupe-Pilínco tiene sobre su traza al centro volcánico Pilínco y los depósitos minerales Quisecas, La Inmaculada, Palca, y Raquel. Por su parte el sistema de fallas Ocuvi-Arasi tiene sobre su traza al centro volcánico Capchane y los depósitos minerales de El Cofre y Arasi.

Como estructuras de segundo orden se tienen fallas y fracturas extensionales con relleno hidrotermal, que toman mayor o menor importancia de acuerdo con su depósito mineral asociado.

Estructuras de orientación N045-060° con relleno hidrotermal, que se observan en las minas Palca, Raquel y La Inmaculada (Ag, Pb, Zn) con buzamientos moderados y comportamiento dextral-normal, son cortadas por estructuras E-O de buzamientos verticales y en su

mayoría dextrales-inversas, que son de menor importancia económica que las anteriores. Ambas familias son cortadas por fallas de rumbo N-S, que presentan buzamientos casi verticales, con cinemática sinistral-inversa.

Una falla casi vertical, de rumbo N005-020° y de carácter dextral-normal, es la principal estructura mineralizada en la mina El Cofre (Ag, Au, Pb, Zn), que a su vez es cortada y desplazada por estructuras E-W de buzamientos moderados y de comportamiento sinistral-inverso.

En las minas Pomasi y San Carlos (Ag, Pb y Zn), las estructuras con relleno hidrotermal de mayor importancia económica tienen un rumbo general E-W.

Por su parte, el prospecto Quisecas (Au, Ag) presenta crestones silicificados y brechas tectónicas mineralizadas, emplazadas en estructuras con rumbo promedio N-S, con buzamientos casi verticales y de carácter dextral-normal.

Por último, los canales silíceos y las brechas hidrotermales en la mina Arasi, asociados a la mineralización aurífera en el lugar, están controlados por estructuras de rumbo N080° y N150° (Loayza et al., 2006).

Todas las estructuras descritas en esta sección son cortadas por fallas de rumbo N120° con buzamientos variados de carácter sinistral-inverso. Estas estructuras son paralelas a los sistemas de fallas principales SFCP y SFOA.

4. Evolución tectónica-magmática-hidrotermal

Hemos identificado 4 eventos que ilustran distintos estados en la evolución tectónica, magmática e hidrotermal del corredor Paratía-Ocuviri.

El primer evento (~24-18 Ma) estuvo contemporáneo del emplazamiento de los productos volcánicos atribuidos al Grupo Palca. Tenemos así el emplazamiento del centro volcánico Yanahuara y las secuencias volcánicas Ocuviri y Paratía.

El segundo evento (~18-16 Ma) está registrado en los desplazamientos del sistema de fallas Cupe-Pilínco, el cual generó el levantamiento de la secuencia volcánica Acocunca (Grupo Tacaza) sobre los depósitos del centro volcánico Yanahuara (Grupo Palca) cerca de Huasituyoc, y los movimientos del sistema de fallas Ocuviri-Arasi, que ponen en contacto fallado a la Formación Anta sobre los depósitos de la secuencia volcánica Ocuviri (Grupo Palca). Además se generó el pliegue El Cofre en los depósitos fluvio-lacustres del Grupo Maure. Datos de microtectónica para esta etapa indican una dirección de compresión máxima (σ_1) N060° (estaciones 1, 2 y 3; Fig. 1). Asociada a este evento tectónico, siendo la roca de caja conformada por depósitos de los grupos Tacaza (30-24 Ma) y Palca (24-18 Ma), se tiene la presencia de estructuras mineralizadas con un eje de acortamiento de rumbo general N060° para los depósitos minerales El Cofre, San Carlos, Pomasi, La Inmaculada, Palca, y Raquel, lo cual sugiere un evento mineralizante contemporáneo para este periodo.

En la tercera etapa (~16-10 Ma), se mantuvo la propagación de los sistemas de fallas y se crearon contextos favorables para el emplazamiento de los centros volcánicos Pilínco, Capchane y Machucondori (Grupo Sillapaca). Estructuras E-W, generadas durante este evento, cortan y desplazan las principales estructuras mineralizadas en la mina el Cofre, así como estructuras N120° que cortan y desplazan las estructuras con relleno hidrotermal en las minas Pomasi y San Carlos, por lo que atribuimos a este evento un carácter post-mineralizante en relación a los depósitos minerales formados entre ~18 y ~16 Ma. Los datos de microtectónica para esta etapa indican que la dirección de compresión máxima (σ_1) fue N045° (estaciones 4, 5 y 6; Fig. 1).

La cuarta etapa (~10-8 Ma) se caracterizó por la propagación del sistema de fallas Ocuviri-Arasi, que produjo un levantamiento de los depósitos del centro volcánico Yanahuara (Grupo Palca) sobre los productos del centro volcánico Capchane (Grupo Sillapaca). Este evento presenta un eje de acortamiento de rumbo N085-090° (estaciones 7 y 8; Fig. 1). Los depósitos minerales Arasi y Quiscas, instalados en productos del Grupo Palca y Sillapaca, presentan crestones silicificados y brechas tectónicas mineralizadas con rumbo general promedio N-S y ejes de acortamiento E-W, por lo cual consideramos

que esta etapa presentó también un carácter mineralizante en la zona.

5. Conclusiones

El corredor Paratía-Ocuviri fue sometido durante su evolución a la propagación de los sistemas de fallas Cupe-Pilínco y Ocuviri-Arasi. Los datos estructurales evidencian diferentes estadios de deformación para este corredor, que son compatibles con los esfuerzos regionales conocidos en el sur del Perú durante el Cenozoico (Carlotto et al., 2005; Torres et al., 2010; Torres, 2011).

Un primer evento duró entre ~24 y ~18 Ma y creó un contexto favorable para el desarrollo del vulcanismo en esta etapa, evidenciado por el emplazamiento de productos volcánicos asociados al Grupo Palca.

Un segundo evento de deformación (~18-16 Ma), caracterizado por un σ_{max} con dirección N060°, generó las condiciones propicias para la instalación de depósitos epitermales de baja e intermedia sulfuración dentro del corredor mencionado (El Cofre, San Carlos, Pomasi, La Inmaculada, Palca, y Raquel).

El tercer evento, entre ~16 y ~10 Ma y con un eje de compresión máximo N045°, generó un contexto favorable para el emplazamiento de los centros volcánicos atribuidos al Grupo Sillapaca, y estructuras que cortan y desplazan las principales estructuras mineralizadas de los depósitos asociados al evento anterior (~18-16 Ma).

Finalmente, el cuarto evento, entre ~10 y ~8 Ma, presentó un eje de acortamiento N085°-090° y creó condiciones adecuadas para el emplazamiento de depósitos epitermales de alta sulfuración (Arasi y Quiscas).

La evolución geodinámica de la zona fue marcada por una actividad tectónica importante, que fue generadora de condiciones favorables para el emplazamiento de centros volcánicos y la instalación de yacimientos magmático-hidrotermales dentro del Corredor Paratía-Ocuviri.

Referencias

- Boudesseul, N., Fornari, M., Sempere, T., Carlier, G., Mamani, M., Ibarra, I., Meza, P., Cerpa, L. 2000. Un importante evento volcánico de edad Mioceno inferior en la zona de Descanso-Ayaviri-Condoroma-Santa Lucía (Dptos. de Cusco, Puno y Arequipa). Resúmenes extendidos, X Congreso Peruano de Geología, v. 1, p. 48-57.
- Carlotto, V. 2002. Évolution andine et raccourcissement au niveau de Cusco (13-16°S), Pérou. Géologie Alpine, Mémoires H.S., v. 39, 203 p.
- Carlotto, V., Jaillard, E., Carlier, G., Cárdenas, J., Cerpa, L., Flores, T., La Torre, O., Ibarra, I. 2005. Las cuencas terciarias sinorogénicas en el Altiplano y en la Cordillera Occidental del sur del Perú. Sociedad Geológica del Perú, Volumen Especial 6, p. 103-126.
- Cereceda, C., Cerpa, L., Torres, D., Muñoz, L., Aguilar, R., Rodríguez, F. 2010a. Estratigrafía volcánica cenozoica del sur del Perú, en el límite Cordillera Occidental-

- Altiplano (Arequipa, Cusco y Puno). Resúmenes extendidos, XV Congreso Peruano de Geología, Cusco, p. 834-837.
- Cereceda, C., Cerpa, L., Mamani, M., Torres, D., Muñoz, L., Aguilar, R. 2010b. Características geoquímicas del volcanismo cenozoico del sur del Perú en el sector Condoroma-Ocuviri: Implicancias en la estratigrafía volcánica y mineralización. Resúmenes extendidos, XV Congreso Peruano de Geología, Cusco, p. 911-914.
- 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., Torres, D., Muñoz, L., Aguilar, R., Martínez, J., Siesquén, D., Chacón, A. 2012. Controles tectono-magmáticos en el sur del Perú (72°-70°30'W): Implicancias metalogenéticas. Resúmenes extendidos, XVI Congreso Peruano de Geología, 5 p.
- Fletcher, C., Hawkins, M., Tejada, R. 1989. Structural control and genesis of polymetallic deposits in the Altiplano and Western Cordillera of southern Perú. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 2, p. 61-71.
- Flores, T., Rodríguez, R. 1999. Las cuencas neógenas del sur del Perú: La cuenca Tinajani: Evolución sedimentológica, estratigráfica, paleogeografía y tectónica (Ayaviri, Puno). Tesis Ing., Univ. San Antonio Abad, Cusco, 68 p.
- Klinck, B.A., Ellison, R.A., Hawkins, M.P., Palacios, O., De la Cruz, J.S., De la Cruz, N.S. 1986. Geología de la Cordillera Occidental y Altiplano al oeste del Lago Titicaca, sur del Perú. *Boletín del INGEMMET, Serie A: Carta Geológica Nacional*, v. 42, 253 p.
- Loayza, D., Vásquez, E., Ríos, A., Barreda, J., Torres, J., Franco, Y. 2006. Geología de los depósitos epitermales de alta sulfuración en el proyecto Arasi-Puno. Resúmenes extendidos, XIII Congreso Peruano de Geología, p. 743-746.
- Mamani, M., Navarro, P., Carlotto, V., Acosta, H., Rodríguez, J., Jaimes, F., Santos, A., Rodríguez, R., Chávez, L., Cueva, E., Cereceda, C. 2010. Resúmenes extendidos, XV Congreso Peruano de Geología, Cusco, p. 563-566.
- Torres, D., Cerpa, L., Muñoz, L., Carlotto, V. 2010. Evolución tectónica-estructural de una cuenca intramontañosa transpresiva: La cuenca Condoroma, Arequipa, sur del Perú. Resúmenes extendidos, XV Congreso Peruano de Geología, Cusco, p. 822-825.
- Torres, D. 2011. Sedimentología, estratigrafía y tectónica de la cuenca Condoroma, Arequipa, sur del Perú. Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 179 p.