



## Geología estructural del cuadrángulo de Cayarani: Implicancias para el vulcanismo y sedimentación

**Diego Siesquén, Luis Cerpa, Daniel Torres, Rigoberto Aguilar, Juan Martínez, y Luis Muñoz**

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Av. Canadá 1470, San Borja, Lima ([dsiesquen@ingemmet.gob.pe](mailto:dsiesquen@ingemmet.gob.pe))

### RESUMEN

**Dentro del cuadrángulo de Cayarani (72°30'–72°0; 14°30'–15°S) afloran rocas cuyas edades varían desde el Eoceno hasta el Pleistoceno. Las rocas más antiguas corresponden a facies sedimentarias de tipo continental, las cuales se correlacionan con las formaciones Anta y Pichu separada entre sí por el Alto**

**Estructural Condoroma-Cailloma. Posteriormente, la formación de numerosas fallas dentro de la zona de estudio desencadenó el emplazamiento de gran cantidad de centros volcánicos, algunos de los cuales sirvieron de metalotecto con posibles depósitos de alto potencial minero.**

### 1. Introducción

La subducción de la placa de Nazca por debajo de la placa sudamericana ha controlado no sólo el levantamiento de los Andes, sino también la evolución del magmatismo. Esta interacción de las placas produjo diversas estructuras que controlaron estructuralmente la formación de cuencas cenozoicas en el sur del Perú (Carlotto et al., 2003; Cerpa et al., 2012; Carlotto, 2013).

Una de estas estructuras mayores es el denominado Alto Condoroma-Cailloma (Velarde et al., 2004; Carlotto et al., 2009) cuya actividad se registra, aparentemente, desde el Eoceno (Carlotto et al., 2009). Controló la evolución de las cuencas Anta (al noreste) y Pichu (al suroeste) en esta unidad estructural.

La Dirección de Geología Regional del INGEMMET, mediante el programa de actualización de la Carta Geológica Nacional a escala 1/50000, ha cartografiado numerosas fallas cerca al límite entre las regiones Cusco y Arequipa.

Estas fallas y su prolongación corresponderían a la evolución del sistema de fallas Condoroma-Cailloma y Chivay (Cerpa et al., 2012). Estos sistemas tienen un rumbo andino, NO-SE, y están comprendidos a su vez en el Alto Condoroma-Cailloma.

El presente trabajo apunta a la correcta delimitación de esta unidad morfo-estructural en el área comprendida por

el cuadrángulo de Cayarani (Fig. 1), y definir cómo ella influyó en el emplazamiento de centros volcánicos y depósitos hidrotermales.

### 2. Contexto geológico

Entre el Eoceno y el Oligoceno, tuvo lugar el levantamiento del Alto Estructural Condoroma-Cailloma, el cual sirvió para la formación de dos cuencas, Anta y Pichu, a ambos márgenes de éste (Velarde et al., 2004; Carlotto et al., 2009). Ambas unidades fueron identificadas en el área de trabajo (cuadrángulo de Cayarani).

La Formación Anta se encuentra aflorando en el sector noreste del cuadrángulo, en los alrededores de las localidades de Huarajo y Curahuata. Está conformada por secuencias de conglomerados de tonalidades rojizas, con clastos de areniscas y rocas volcánicas e intrusivas; también se observan bloques y olistolitos de calizas, de gran volumen (Siesquén et al., 2012).

Por otro lado, la Formación Pichu aflora en los alrededores del yacimiento mineral Cerro Crespo, extendiéndose hacia el oeste del área de estudio. Se compone de capas de conglomerados con clastos subredondeados a subangulosos de origen volcánico, intercaladas con depósitos volcanoclásticos en

afloramientos de color rojizo. Al tope se encuentra un potente depósito de flujos piroclásticos de color blanquecino.

Posteriormente, durante el Neógeno se produjo la emisión de abundantes productos volcánicos, los cuales se han estudiado recientemente, agrupándolos con respecto a su posición estratigráfica y su centro de emisión. Estos centros, a su vez, se pueden agrupar con respecto a la edad en que se han producido los diferentes eventos eruptivos, pudiendo correlacionarse estos eventos eruptivos con los grupos Tacaza, Palca, Sillapaca, Barroso inferior, y Barroso superior (Cereceda et al., 2010).

El cartografiado geológico y el muestreo realizado ha permitido describir 27 centros volcánicos y 15 secuencias volcánicas, las cuales serán detalladas más adelante.

Así mismo se puso en evidencia la existencia de una cuenca sedimentaria compuesta principalmente de areniscas y conglomerados intercalados con finos depósitos piroclásticos de color blanco. Estos afloramientos han sido correlacionados con los del Grupo Maure (de edad miocena), debido a sus características sedimentológicas, que indican una depositación en ambiente continental, y a su posición estratigráfica, que la ubica dentro del Mioceno.

### 3. Geología estructural

Al noreste del cuadrángulo de Cayarani, se identificaron dos sistemas de fallas conocidos como Otocuro-Huarcaya e Incuta-Layo, responsables del levantamiento de la Formación Anta sobre unidades más jóvenes del Mioceno y Plioceno (Siesquén et al., 2012).

Trabajos más recientes realizados en las zonas aledañas han reportado la presencia de dos nuevos sistemas de fallas, Huamanripa-Ranrapata y Arcata-Condorillo, además de una falla regional denominada Falla Huajrahuire. Estos sistemas se componen de fallas de poco desplazamiento que afectan a rocas del Mioceno y Plioceno. Todas presentan una orientación NO-SE, exceptuando algunas fallas locales cercanas al depósito mineral Azuca donde se observan orientaciones ONO-ESE. En conjunto, estas estructuras regionales se describen como fallas inversas con componentes de rumbo.

Entre las latitudes 72° y 72°30'O y las longitudes 14° y 16°S, las fallas regionales principales siguen predominantemente la orientación NO-SE (Cerpa et al., 2012). Los sistemas de fallas Condoroma-Cailloma y Chivay, ambas de rumbo NO-SE (Cerpa et al., 2012), ponen en contacto fallado las unidades del Mesozoico (Grupo Yura) sobre rocas del Cenozoico. A su vez, estas fallas se encontrarían comprendidas dentro del Alto Estructural Condoroma-Cailloma (Carlotto et al., 2009), el cual fue responsable de la división de las cuencas Anta y Pichu durante el Eoceno (Velarde et al., 2004).

Al proyectarse estas fallas (Condoroma-Cailloma y Chivay) en dirección NO, hacia el área de estudio, se observa que se alinean con las estructuras que conforman los sistemas de fallas Incuta-Layo, Huamanripa-Ranrapata, y la Falla Huajrahuire, siguiendo una misma orientación preferencial NO-SE. Se podría concluir entonces que estas últimas también corresponderían al

Alto Estructural Condoroma-Cailloma. Esta idea se encuentra reafirmada gracias a la presencia de ambas cuencas del Eoceno (Anta y Pichu) descritas dentro de la zona de estudio por Velarde et al. (2004), las cuales se encuentran separadas entre sí por dichas estructuras en conjunto.

### 4. Magmatismo

Durante el Eoceno, se inició el emplazamiento del Batolito de Andahuaylas-Yauri, acompañado de una fuerte actividad volcánica cuyos productos se encontrarían comprendidos dentro de la Formación Anta (también del Eoceno). El Batolito de Andahuaylas-Yauri aflora en el extremo noreste del cuadrángulo de Cayarani y está compuesto por intrusivos de composición tonalítica y diorítica (Siesquén et al., 2012).

En el Neógeno la fuerte actividad volcánica provocó la deposición de grandes volúmenes piroclásticos, los cuales se agrupan formalmente con respecto a su centro de emisión. En todo el cuadrángulo de Cayarani se hallaron productos volcánicos provenientes de un total de 27 centros volcánicos y 15 secuencias volcánicas, agrupados de la siguiente manera:

- *Grupo Tacaza*: Se encuentra conformado por 3 centros volcánicos (Condortiana, Juculla, Calvario) y 5 secuencias volcánicas (Huaracco, Huarcaya, Otaña, Piquiña, Chocochocho).
- *Grupo Palca*: Se compone de 3 centros volcánicos (Paraná, Fierro Chumpi, Madriyoc) y 9 secuencias volcánicas (Llojoita, Sepramayo, Quilca, Yavina, Arcata, Balcoyane, Chuañuma, Tambo, Murcollo).
- *Grupo Sillapaca*: Está conformado por 4 centros volcánicos (Huichorca, Ilave, Sacsajahua, Quelcata) y una secuencia volcánica (Jatun Huasi).
- *Grupo Barroso inferior*: Se encuentra conformado por 14 centros volcánicos (Yaurina, Pucará, Chuculla, Chicho, Jatun Huaychahui, Ocaque, Crespo, Minatas, Taipicahua, Azuca, Igma, Acollauca, Otoruro, Vilcarani).
- *Grupo Barroso superior*: Comprende 3 centros volcánicos (Finahui, Huajrahuire, Angostura).

La distribución espacial de estos centros muestra un alineamiento a lo largo de estructuras de rumbo NO-SE. Tal es el caso de los centros volcánicos Sacsajahua, Fierro Chumpi, Minatas, y Taipicahua, los cuales se alinean a lo largo del sistema Arcata-Condorillo.

A su vez, en el sector sureste se observa una fuerte alteración hidrotermal en los alrededores de las propiedades mineras de la mina Arcata.

Del mismo modo, se observa un alineamiento entre los centros volcánicos Huajrahuire y Huichorca a lo largo de la Falla Huajrahuire, la cual estaría controlando la presencia de una fuerte alteración hidrotermal presente entre los cerros Condorillo y Minatas hacia el noroeste, y del yacimiento mineral Ares hacia el sureste (fuera del

área de estudio).

A lo largo del sistema de fallas Huamanripa-Ranrapata se observa la presencia de los centros volcánicos Chuculla, Condortiana, Yaurina y Acollauca.

Finalmente, los centros volcánicos Juculla y Pucará se hallan alineados a lo largo del sistema de fallas Incuta-Layo.

Por su ubicación geográfica, los depósitos minerales ya mencionados, Arcata, Ares, Cerro Crespo, y Azuca, se encuentran comprendidos dentro de la franja de depósitos hidrotermales de Ag-Au del Mio-Plioceno (Carlotto et al., 2009; INGEMMET, Mapa Metalogenético del Perú, versión 2014). En efecto, estos yacimientos presentan altas concentraciones de plata y oro (Candiotti et al. 1990; Candiotti & Guerrero, 2002), y edades que varían entre los 12 y 5 Ma (Candiotti et al. 1990; Candiotti & Guerrero, 2002; Ponce, 2011). Sin embargo, una correlación con rigor científico, relacionada entre el volcanismo estudiado para el presente artículo y el origen de la alteración y mineralización de estos yacimientos, requiere de estudios específicos con la participación conjunta de geólogos especialistas en metalogenia, que debería ser materia de una investigación posterior.

## 5. Conclusiones

Existen dos cuencas, Anta y Pichu, de edad Eoceno, separadas entre sí por la presencia del Alto Estructural Condoroma-Cailloma, no descrito anteriormente en el área estudiada.

Las fallas descritas presentan más de un episodio de deformación debido a que en algunos casos, además de controlar la presencia de centros volcánicos, también afectan a los depósitos de estos últimos. Se observa que estas fallas se encuentran controlando centros volcánicos agrupados principalmente dentro de los grupos Barroso inferior y Barroso superior, los cuales coinciden en edad con los principales yacimientos minerales ubicados dentro de la zona de estudio. Esto nos permite concluir que hubo un fuerte episodio magmático-hidrotermal durante este lapso de tiempo.

Se concluye que existe un alto potencial minero sobre el campo de alteración hidrotermal ubicado entre los cerros Minatas y Condorillo, formado a lo largo del sistema de fallas Arcata-Condorillo.

## Referencias

- Candiotti, H., Noble, D., McKee, E. 1990. Geologic setting and epithermal silver veins of the Arcata District, southern Peru. *Economic Geology*, v. 85, p. 1473-1490.
- Candiotti, H., Guerrero, T. 2002. Low-sulphidation epithermal gold-silver veins in the Ares deposit, southern Peru. *Resúmenes, XI Congreso Peruano de Geología*, Lima, p. 233.
- Carlotto, V. 2013. Paleogeographic and tectonic controls on the evolution of Cenozoic basins in the Altiplano and Western Cordillera of southern Peru. *Tectonophysics*, v. 589, p. 195-219.
- 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.
- 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. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, v. 103, p. 1-89.
- Cereceda, C., Cerpa, L., Torres, D., Muñoz, L., Aguilar, R., Rodríguez, F. 2010. 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.
- Cerpa, L., Cereceda, C., Torres, D., Muñoz, L., Aguilar, R., Rodríguez, F. 2011. Geología del cuadrángulo de Condoroma. *Boletín del INGEMMET, Serie A, Carta Geológica Nacional*.
- 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'O y 14°-16°S): Implicancias metalogenéticas. *Resúmenes extendidos, XVI Congreso Peruano de Geología*.
- Ponce, A. 2011. Complejo de domos mio-pliocénicos y su relación con la mineralización de Ag-Au tipo epitermal de intermedia sulfuración: Proyecto Crespo en la Cordillera del Huanzo, Cusco, Perú. *Tesis de Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional Mayor de San Marcos*.
- Siesquén, D., Cerpa, L., Torres, D., Aguilar, R., Martínez, J., Muñoz, L. 2012. Estratigrafía cenozoica del sector Santo Tomás-Cayarani (Cusco-Arequipa), sur del Perú. *Resúmenes extendidos, XVI Congreso Peruano de Geología*.
- Swanson, K. 1998. *Geology of the Orcopampa 30 minutes quadrangle, southern Peru, with special focus on the evolution of the Chinchón and Huayta calderas*. Ph.D. dissertation, University of Nevada.
- Velarde, K., Astete, D., Carlier, G., Carlotto, V., Fornari, M., Cerpa, L., Cárdenas, J. 2004. Evidencia estratigráfica de la presencia de dos cuencas cenozoicas en el sur del Perú: Implicaciones geodinámicas. *Resúmenes extendidos, XII Congreso Peruano de Geología*, Lima, p. 549-551.

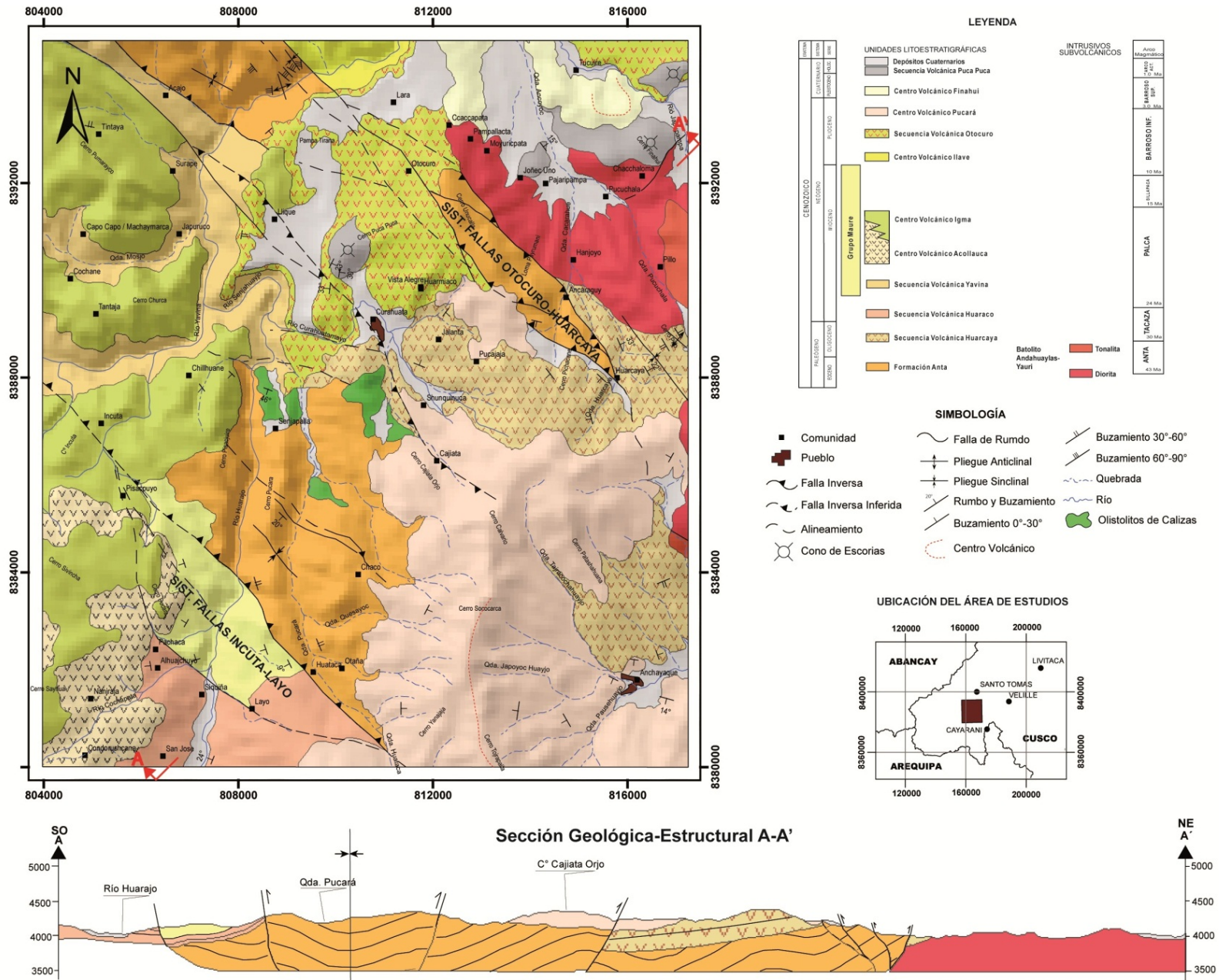


Figura 1. Mapa geológico y perfil estructural del área de estudio.

