

Indicios de alteración y mineralización relacionados a un sistema porfirítico de Cu-Mo en el sur del Perú: Torata-Moquegua

Joel Francisco Otero Aguilar¹, William Martínez Valladares², Alonso Arturo Marchena Campos³, Elmer Hugo Gómez Cahuaya⁴

¹Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, Av. Canadá 1470, San Borja, Lima (jotero@ingemmet.gob.pe)

²Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, Av. Canadá 1470, San Borja, Lima (wmartinez@ingemmet.gob.pe)

³Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, Av. Canadá 1470, San Borja, Lima (amarchena@ingemmet.gob.pe)

⁴Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, Av. Canadá 1470, San Borja, Lima (egomez@ingemmet.gob.pe)

1. Introducción

El plan operativo 2018 del Ingemmet consideró el proyecto GE33A-5 “Estudio Metalogenético de la faja magmática Cretáceo-Paleógeno asociado a los depósitos minerales tipo pórfidos y epitermales entre Huancavelica y Tacna” como estudio de investigación geológica-minera, con ello se busca mantener actualizado el mapa metalogenético del Perú y desarrollar conceptos sobre el origen de los yacimientos minerales basados en datos geocronológicos, geoquímicos, isotópicos, estratigráficos y estructurales.

Producto de estos estudios metalogenéticos se consideró como zona favorable para la exploración el sector del distrito de Torata de la región Moquegua, específicamente el anexo Jaguay grande (sector denominado Pampa Jaguay), donde se reconoció indicios de alteración hidrotermal asociada a un yacimiento tipo pórfido de cobre-molibdeno (Martínez et al, 2017).

2. Metodología

Se utilizó la base geoquímica histórica de proyectos del Ingemmet relacionados al corredor minero del sur del Perú. Se realizó la interpretación de imágenes satelitales, espectrales y geofísica aérea, elaboración de folios de mapas geológicos, estructurales y geoquímicos para determinar y/o interpretar zonas favorables para la exploración geológica-minera, todo ello, cumpliendo con los protocolos y procedimientos

internos de control de calidad establecidos por Ingemmet.

3. Ubicación y accesibilidad

La zona de interés se encuentra ubicada en el distrito de Torata, provincia Mariscal Nieto y región Moquegua.



Figura 1. Polígono área proyecto GE33A-5 (líneas moradas) se indica la zona de Pampa Jaguay en una zona favorable para la exploración.

4. Contexto geológico regional

Litológicamente el área está caracterizada por la presencia de secuencias piroclásticas constituidas

por tobas de edad Cretácica, las cuales son intruidas por un *stock* de composición diorítica y rocas subvolcánicas que corresponden al Batolito Yarabamba. Por otro lado, una serie de rocas piroclásticas caracterizadas por tobas, aglomerados y brechas volcánicas completan la secuencia. Los estilos de mineralización son de dos tipos, el primero con características de tipo pórfido Cu-Mo y el segundo relacionado a estructuras (vetas) polimetálica de rumbos N60°E y Bz. 70°SE y N40°O y Bz. 50°NE localizados en el contacto de las tobas con el intrusivo.

4.1 Geología Local

El marco geológico local está constituido por:

4.1.1. Formación Huaracane

(Antes como Formación Toquepala Bellido, E. (1979). Dividida actualmente en siete miembros, los cuales fueron medidos en el curso del Río Torata y Cerro Los Ángeles (Martínez Y Zuloaga, 2000) en el área Pampa Jaguay conformada por tobas cristalolíticas bien soldadas de color gris claro con tono rosado. Presenta textura piroclástica, fragmentos líticos grises de roca volcánica (lapilli) polimícticos, sin estratificación notoria, los cuales se intercalan con algunos niveles de brechas. Aflora al noroeste del área Pampa Jaguay con una edad de 75 Ma datado en la Quebrada Pachas (Martínez Y Zuloaga, 2000).

4.1.2. Formación Paralaque

Descritas por Bellido, E. (1979). Aflora en la carretera que va de Torata a Cuajone. En el sector de Otorá afloran secuencias sedimentarias compuestas por lodolitas rojas con tono verdosos intercaladas con areniscas finas rojizas a grises bien estratificados con estructuras sedimentarias de estratificación sesgada y laminar. Esta secuencia fue datada en 65.0 ± 2.0 Ma por el método K-Ar en roca total, la cual, se le asigna al Cretáceo superior – Paleoceno inferior (Martínez Y Zuloaga, 2000).

4.1.3. Rocas intrusivas

Están conformadas por dioritas. Se presentan en la parte central del área Pampa Jaguay con grano medio y textura holocristalina. Se encuentra fracturada con abundante pirita.

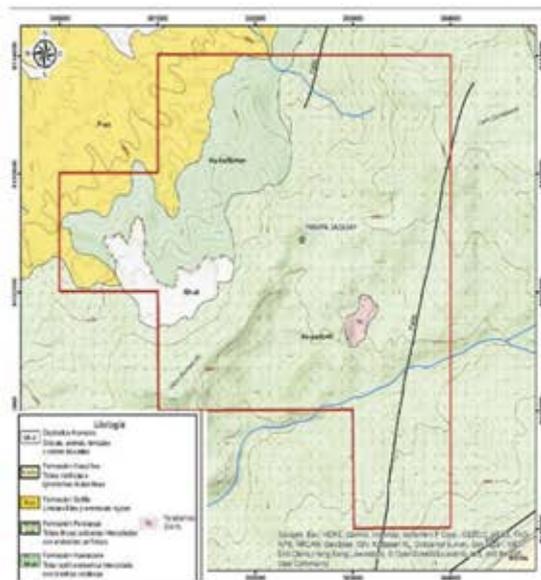


Figura 2. Mapa geológico.

5. Litogeoquímica

En la zona denominada Pampa Jaguay, se observan afloramientos de la Formación Paralaque del Grupo Toquepala inferior y el Miembro Asana de la Formación Quellaveco (Grupo Toquepala superior).

El volcanismo andesítico de la Formación Paralaque muestra un patrón subparalelo al cociente condritico y con una anomalía muy débil de Eu. Una anomalía negativa de Eu débil implica un fraccionamiento de plagioclasas tardío y esto tiene que ver con el contenido de agua del magma, que cuando es alto retrasa la cristalización de plagioclasas y promueve la cristalización de minerales hidratado como anfíboles y biotita, entre otros factores. (Figura 3), ambos indicadores de poco tiempo de residencia en la corteza superior, sugiere el ascenso de estas lavas poco diferenciadas mediante el sistema de fallas Incapuquio, que controlaría posteriormente el emplazamiento del clúster de pórfidos Cuajone, Quellaveco, Toquepala (Martínez et al., 2017), reforzando esta hipótesis con las ideas anteriores debido a un fallamiento y adelgazamiento cortical.

El Miembro Asana muestra una fuerte anomalía negativa de Eu, indicando que proviene de un magma muy diferenciado en la corteza superior. El enriquecimiento de LREE para este miembro riolítico aumenta hasta descender fuertemente hasta ser subparalelo al cociente condritico, presumiblemente por haberse alcanzado la saturación necesaria en LREE para el fraccionamiento de monacita/allanita (Miller y Mittlefehldt, 1982), también explicado debido a que proviene de la diferenciación del magmatismo intermedio en corteza muy delgada (Figura 5), en un contexto de adelgazamiento litosférico como ha

sidio observado por Burkart y Self (1985), Deering et al. (2011).

Para la Formación Quellaveco-Miembro Asana (Grupo Toquepala superior) ocurren diferencias muy marcadas, entre las que destacan el fuerte fraccionamiento de Ba (Figura 4), consecuencia de fraccionamiento de feldespatos potásicos en la corteza superior. Otros indicadores de fraccionamiento en la corteza superior son la fuerte anomalía de Sr, la que indica que proviene de un magma que fraccionó abundantes plagioclasas, la anomalía más pronunciada de Ti, P características de arco continental evolucionado.

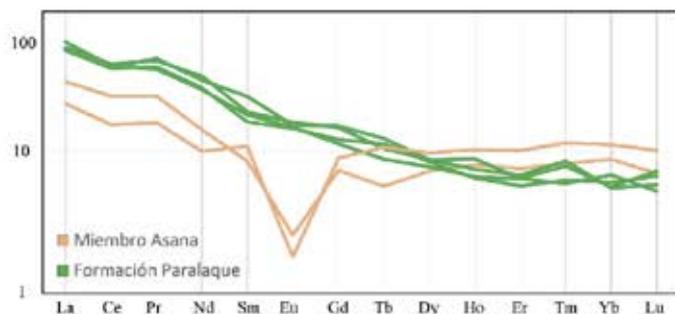


Figura 3. Diagrama de REE normalizado al condrito de Nakamura (1974) para los volcánicos aflorantes en la zona Pampa Jaguay.

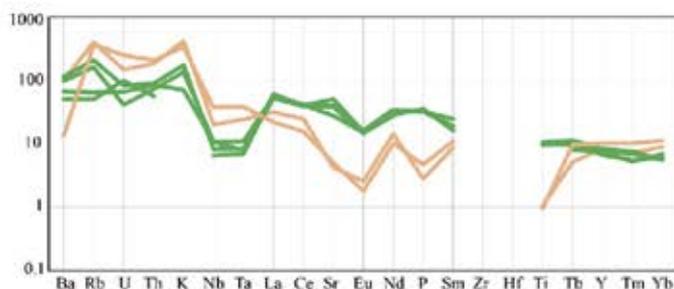


Figura 4. Diagrama Spider normalizado al condrito de Thompson (1982) para los volcánicos aflorantes en la zona Pampa Jaguay.



Figura 5. Diagrama para estimar profundidad del Moho según ratio Ce/Y tomado de Mantle & Collins (2008).

6. Geología estructural

La zona está dominada por el sistema de Fallas Cincha-Lluta-Incapuquio (SFCLLI) de dirección andina, la cual corta a antiguos sistemas trans-andinos. En esta intersección se encuentra la anomalía geoquímica y satelital mencionada. Asimismo, el área Pampa Jaguay, se encuentra 22 Km al sureste del depósito Cu-Mo Cuajone y 18

km al noreste del depósito Cu-Mo Los Calatos, los cuales comparten similares características estructurales; fallas trans-litosféricas dextrales de dirección andina, fallas trans-andinas que son cortados por las andinas, y en términos geofísicos (1974) buena señal analítica y campo total similares a los depósitos porfíricos Cuajone, Quellaveco y Toquepala.

7. Alteración y mineralización

En la zona de estudio se identificó alteración hidrotermal además mineralización manifestada en vetas y venillas tipo *network*, así tenemos:

7.1 Alteración argílica

Esta alteración abarca principalmente una extensión de 1.5 km x 1 km, donde se aprecia una asociación mineralógica; cuarzo + illita + montmorillonita y puntualmente alunita restringida a las vetillas.

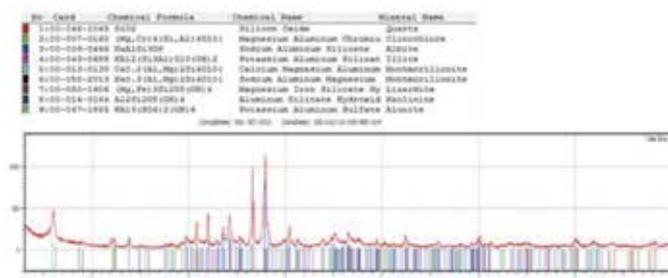


Figura 6. Muestra 34u-RMT-238 se envió a laboratorio interno de Ingemmet para hacer analizada por difracción de rayos X indicando una asociación: cuarzo+illita+montmorillonita y puntualmente alunita.



Figura 7. Roca caja con fuerte alteración argílica.

7.2 Alteración propilítica

Se manifiesta en vetillas de epidota + clorita junto a las vetillas de calcita, que cortan a la secuencia de toba-lava.



Figura 8. Alteración propilítica relacionada a estructuras tipo dique.

En el área ocurren dos estilos de mineralización:

7.3.1. Estructuras vetiformes

Este estilo está relacionado a estructuras de cuarzo hialino con óxidos de hierro; hematita y goethita, así como pirita en menores cantidades. Dichas estructuras alteran la roca hospedante (tobas) y se observa halos argílicos.



Figura 9. Estructura tipo vetiforme: cuarzo con óxidos de hierro y halos argílicos.

7.3.2. Tipo pórfido

Ha sido reconocida en el área Pampa Jaguay un intrusivo diorítico con fuerte fracturamiento tipo *network* y vetillas rellenas con óxidos de hierro (hematita y goethita). Además, se observa un pórfido andesítico que, a su vez se encuentra cortado con vetillas de óxidos de hierro polidireccionales.



Figura 10. Vetillas tipo *network* de OxFe.

8. Metalogenia

El área Pampa Jaguay está dentro de la Franja Metalogenética XIII del Paleoceno-Eoceno (Acosta et al, 2010), donde albergan importantes depósitos minerales tipo pórfidos de Cu-Mo de clase mundial.

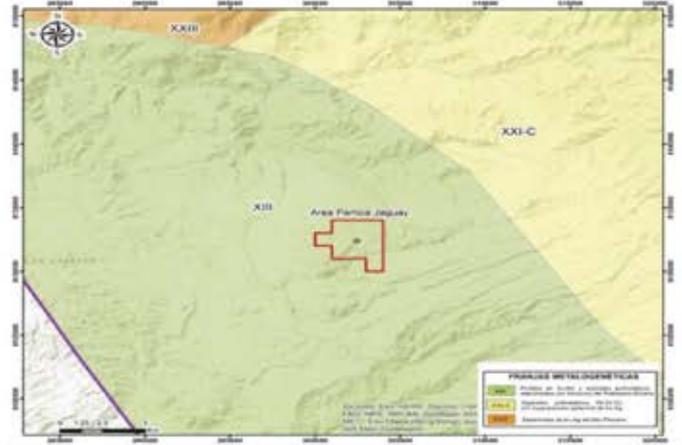


Figura 11. Mapa metalogenético.

9. Geoquímica

Los resultados analíticos de 18 muestras de roca indican valores anómalos en Cu-Mo en las muestras 34u-RMT-226 (320 ppm Cu en roca caja) y 34u-RMT-238 (75 ppm Mo en vetilla de óxido de hierro) y otros como: 6,680 ppm As y 3.46 ppm Sb.

10. Conclusiones

La litología, alteraciones y mineralización identificadas en el área Pampa Jaguay sugieren un área altamente prospectable para depósitos tipo pórfido de cobre. Además, en la zona ocurre hasta tres sistemas estructurales asociados al sistema de fallas Sincha-Lluta-Incapuquio, los mismos que controlan a los depósitos porfiríticos de Cuajone, Toquepala y Los Calatos.

Agradecimientos

Se agradece el aporte geológico al equipo de exploraciones de las unidades mineras Toquepala y Cuajone de Southern Perú, de igual forma el aporte de los proyectos Quellaveco y Los Calatos.

Referencias

Acosta, J., Quispe, J., Rivera, R., Valencia, M., Chirif, H., Huanacuni, D., Rodriguez, I., Villareal, E., Paico, D., & Santisteban, A. 2010. Mapa metalogenético del Perú.

- Bellido, E. 1979. Geología del cuadrángulo de Moquegua. Instituto geológico Minero y Metalúrgico. N°15. 78 p.
- Burkart, B. & Self, S. 1985. Extension and rotation of crustal blocks in northern Central America and effect on the Volcanic arc. *Geology*, v. 13, p. 22-26.
- Deering, C.D.; Bachmann, O.; Dufek, J. & Gravley, D.M. 2011. Rift-Related Transition from Andesite to Rhyolite Volcanism in the Taupo Volcanic Zone (New Zealand) controlled by Crystal-melt Dynamics in Mush Zones with Variable Mineral Assemblages. *Journal of Petrology*. Vol. 52. N° 11 (2011). p. 2243-2263.
- Martínez, W. Y Zuloaga, A. 2000. Memoria Explicativa de la Geología del Cuadrángulo de Moquegua (35-u). Escala 1: 50 000. Lima: INGEMMET 12 pp
- Martínez, W. ; Otero, J, León, W. & Marchena, A. 2017. Estudio metalogenético de la faja magmática Jurásico-Cretácica, asociado a los depósitos minerales tipo IOCG y pórfidos entre Ica, Arequipa, Moquegua y Tacna. Ingemmet, informe interno. P. 61-63.
- Miller, C. & Mittlefehldt, D. 1982. Depletion of light rare-earth elements in felsic magmas. *Geology*, v. 10. p. 129-133.
- Nakamura N. 1974. Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na, and K in carbonaceous and ordinary chondrites. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 38, p 757-775.
- Thompson, R. 1982. Magmatism Of the British Tertiary Volcanic province. *Scot. J. Geol.* 18(4). p 9-107.