

GEOQUIMICA Y MINERALIZACIÓN DE LOS DEPÓSITOS SIN-RIFT PERMOTRIÁSICO DEL SURESTE DEL PERÚ

Michael Valencia Muñoz, Deysi Paico Estrada y Raymond Rivera Cornejo.

Email: mvalencia@ingemmet.gob.pe, dpaico@ingemmet.gob.pe, rivera@ingemmet.gob.pe

La zona de estudio se enmarca en el Sureste Peruano entre la Cordillera de Oriental y el Altiplano (Fig.1). Comprende geológicamente dos zonas: al norte un Paleozoico inferior; y al sur, Paleozoico superior y la cretácea cuenca Putina, divididos por los intrusivos permotriásicos.

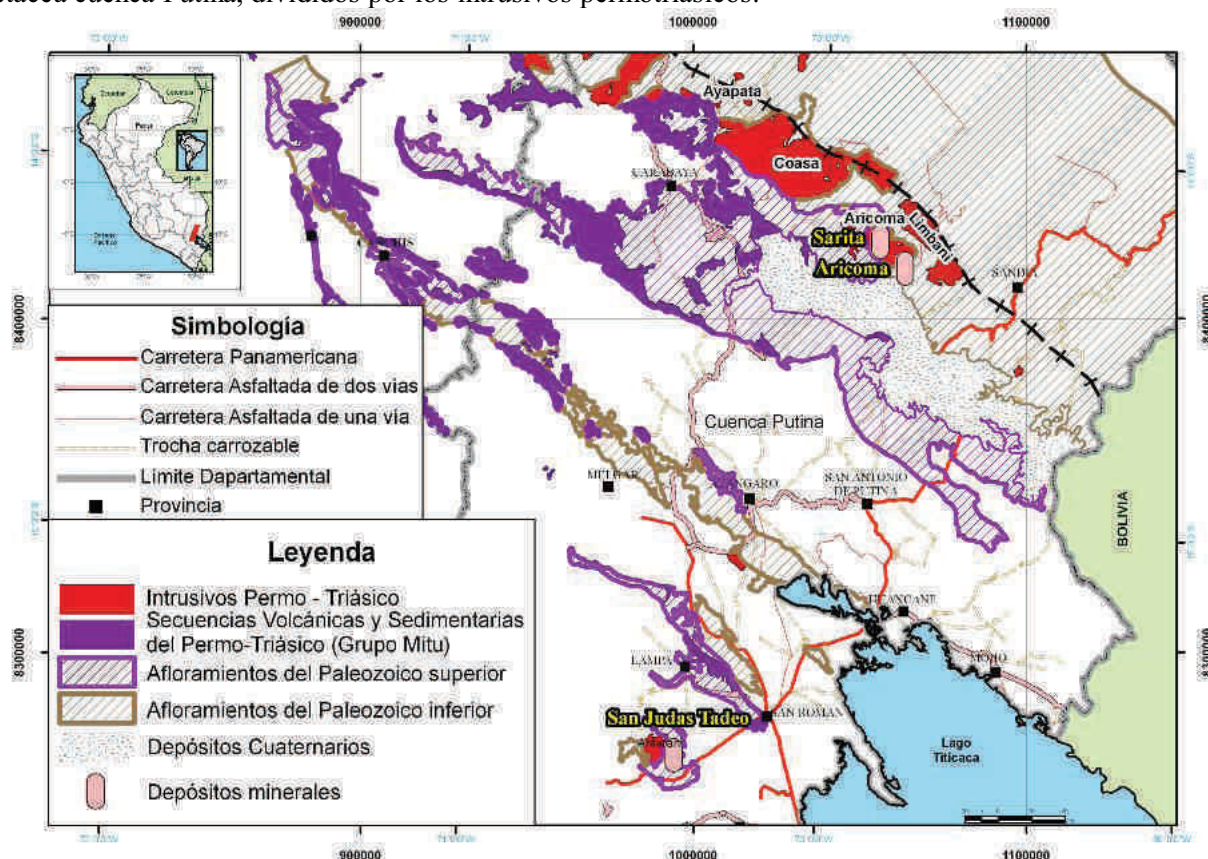


Figura 1. Ubicación de los depósitos minerales estudiados y geología generalizada del Paleozoico-Triásico. Cruces discontinuas: eje de la Cordillera Oriental. En blanco: afloramientos no paleozoicos.

TECTÓNICA Y MAGMATISMO

El Pérmico-Triásico (Grupo Mitu), se le relaciona con un rifting diacrónico, emplazado en la Cordillera Oriental del Perú (Kontak et al., 1985; Quispe et al, 2007), dentro de un ambiente deposicional definido como continental y marino.

En esta área los volcánicos del Grupo Mitu, geoquímicamente se han definido como basaltos traquíticos (Fig. 2A), de tendencia alcalina (Fig. 2C), y también muestran una tendencia toleítica (Fig.2B).

Seguidamente, una faja discontinua de intrusivos permotriásicos graníticos a granodioríticos, coetáneos con el Gpo. Mitu, se emplazaron a lo largo del eje de la Cordillera Oriental, en el límite del Paleozoico inferior y superior. En general, intruyen a series misisipianas al oeste y silurodevonianas al este. Geoquímicamente son granitos a granodioritas calcoalcalinas (Fig.2D y Fig.2E), pero que muestran una tendencia hacia los álcalis. Además evidencian peraluminosidad (Fig. 2F), y algunos metaluminosidad como los intrusivos de Ayapata y Antarane. Otros datos son los altos contenidos de Th-Rb y granitos de feldespato alcalino sin un significativo empobrecimiento de HFSE (Miskovic, 2009).

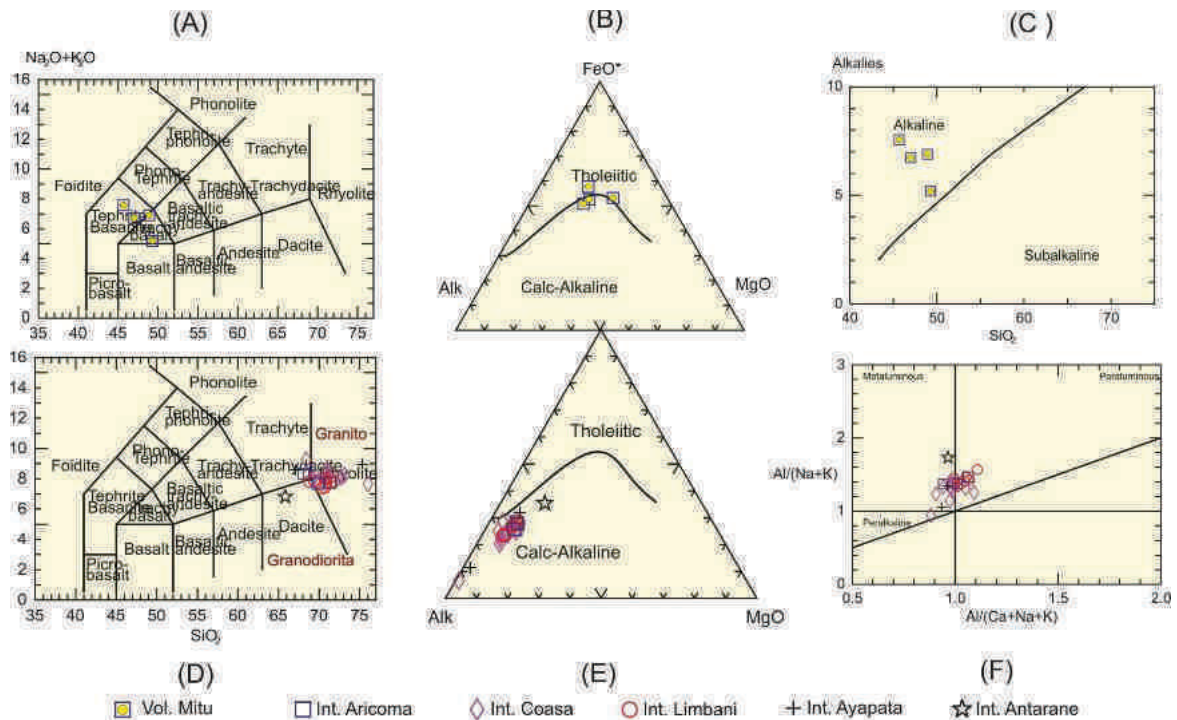


Figura 2. Geoquímica magmática: (A) Diagrama TAS de Vol. Mitu; (B) Gráfico AFM de Irvine & Baragar para Vol. Mitu; (C) Diagrama de Silice vs Alcalis de Irvine & Baragar para Vol. Mitu; (D) Diagrama TAS con sus equivalentes plutónicos de los Int. Permotriásicos; (E) Gráfico AFM de Irvine & Baragar para los Int. Permotriásicos; y (F) Diagrama de Aluminosidad de Shade para los Int. Permotriásicos.

METALOGENIA

Metalogénicamente el área se enmarca en la Franja de depósitos de Sn-Cu-W relacionados con intrusivos, en donde destacan los depósitos minerales de Sarita y Aricoma; mientras a su extremo sur tenemos el depósito de W-Au de San Judas Tadeo. Además se reportan mineralizaciones de Au en metasedimentarios ordovicianos, de Sn-Cu-W del Oligoceno-Mioceno y de U-Sb del Mioceno, de eventos diferentes a los del permotriásico, no tratados en este trabajo.

SAN JUDAS TADEO

Ubicada en Cabana (Lampa, Puno), emplazada en areniscas (Gpo. Cabanillas) e intruidas por una monzonita a granodiorita (intrusivo Antarane). Tiene vetas de wolframio (ferberita, mena principal) y molibdeno, con cuarzo lechoso masivo con molibdenita, arsenopirita, pirita, siderita y fluorita en rumbos NO-SE con alto buzamiento, vetillas subhorizontales y mantos sinuosos discontinuos. La pirrotita, calcopirita, acantita ocurren erráticamente dentro del cuarzo. Mientras el electrum se encuentra entre la pirrotita y calcopirita (Clark et al, 1990). Se tiene alteración sericítica con turmalina y granate en el horfels.

Las LREE (REE ligeras) presentan valores de 30 veces más que el condrito en las menas y 70 veces en las rocas inalterada con relación al condrito (Fig. 3A); mientras se tienen valores de 8 a 9 veces más para ambos tipos de muestras para los HREE (REE pesadas). Hay correspondencia espectral, excepto para Yb y para los de La y Ce en las LREE. Presenta anomalía de Eu.

SARITA

Ubicada en Usicayos (Carabaya, Puno), se emplaza en el intrusivo de Aricoma intruyendo lutitas negras (Fm. Ananea) y a una secuencia de lutitas, areniscas y cuarcitas (Gpo. Ambo), cortadas por diques de andesitas cloritizadas. Tenemos diseminaciones de calcopirita, malaquita con impregnaciones de azurita, crisocola con más de 10 % de Cu y 30.8 a 47.6 g/t de Ag., y poco de wolframio (0.96%), molibdeno y estaño (0.20%). Los diques cloritizados tienen pirita, venillas de cuarzo y hasta 15 % de titanio (rutilo y esfena). La secuencia paragenética es: magnetita, ilmenita, esfalerita, molibdenita, bornita, calcopirita, cuarzo, pirrotita, pirita.

Las LREE presentan valores en las menas de 120 a 50 veces más que el condrito (Fig. 3B); mientras 120 a 100 veces más para las rocas inalteradas y alteradas (monzonitas cloritizadas); para las HREE tenemos

valores de 10 a 6 veces más que el condrito en las menas, y valores de hasta 10 veces para ambas rocas alteradas e inalteradas. Hay una correspondencia espectral, destacando el enriquecimiento en una de las muestras de mena.

ARICOMA

Se ubica en el NE de Crucero (Carabaya,Puno), y se emplaza en el intrusivo Aricoma, que intruye también a la Fm. Ananea y el Gpo. Ambo. Diques cortantes de rumbo NO-SE y buzamiento fuertes al NE se encuentran argilitizados y epidotizados y muestran valores de 167 ppm de Cu, 9 ppm de Mo, 466 ppm de As. Mientras en la roca granítica hospedante, con mineralización diseminada, tenemos valores de 2454 ppm Pb y 6181 ppm de Zn.

Las LREE tienen valores para las rocas inalteradas 70 veces más que el condrito y para las rocas alteradas de 50 veces más (Fig. 3C); mientras para las HREE tenemos valores de 15 veces en las rocas inalterada y 8 veces en las alteradas, más enriquecidas que el condrito. Sin embargo, hay diferencias en las MREE (Tierras Raras de peso medio) donde la roca alterada muestra mayor enriquecimiento, sin anomalía de Eu.

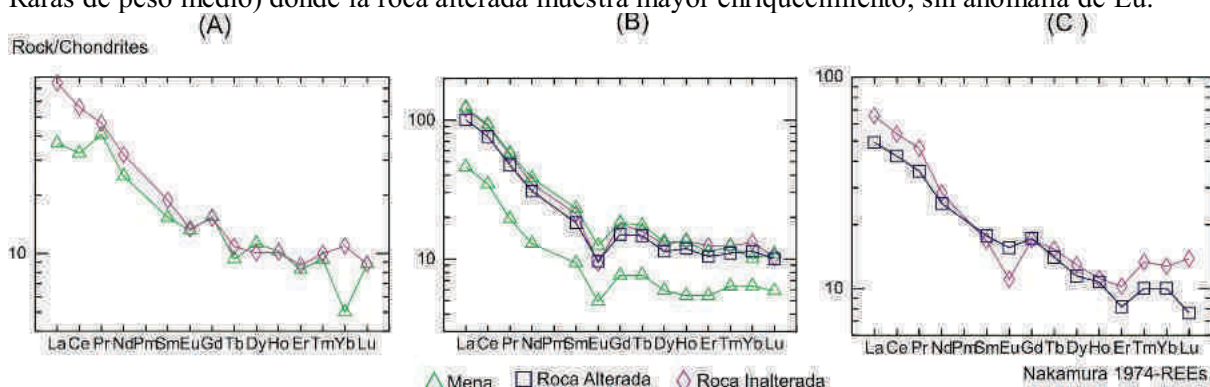


Figura 3. Geoquímica de REE mediante diagramas Spider para los depósitos minerales: (A) San Judas Tadeo; (B) Sarita; (C) Aricoma.

DISCUSIÓN

Los volcánicos del Grupo Mitu de la zona, son basaltos traquíticos alcalinos con tendencia toleítica, con composiciones hacia el sur en fonolitas y traquitas, evidenciando una característica de profundización en rift (Kontak, 1984; Quispe et al, 2007) en este caso abortado (Miskovic,2009), asociado a una extensión de retroarco. Así, los elementos traza como Zr y Nb tienen valores entre 200 y 400 ppm. y de 30 y 60 ppm. respectivamente, los que se asociarían a un magma derivado del manto infrayacente a la cordillera oriental, con cierto grado de contaminación cortical, la cual es responsable de su asociación de tobas ácidas y lavas. Estas características indican a un magma emplazado corticalmente un tiempo suficiente como para diferenciarse y presumiblemente incorporar material cortical.

Los intrusivos representarían fusiones provenientes de la corteza en base a características mineralógicas (Kontak et al,1985), así lo evidencian la presencia de biotita y muscovita y otras características geoquímicas que permiten definir dos unidades petrológicas: una subalcalina peraluminosa (Coasa, Limbani, Aricoma) afín a los granitoides tipo S, de ambientes de rift y otra en el límite alcalino-subalcalino metaluminosa a peraluminosa, afín a los granitoides tipo I, en ambientes de subducción. Nuestros datos muestran esa tendencia en el intrusivo Ayapata y algunas muestras de Coasa con mineralogías de hornblenda y biotita (Kontak , 1984), sin embargo en términos generales estos intrusivos serían del tipo S con niveles de contaminación cortical y otras fuentes probablemente más profundas. Por tanto, representan un magmatismo coetáneo con el rift que involucra procesos anatécicos de protolitos probablemente del Permiano temprano, evidenciado en sus reducidas anomalías de Nb-Ta. Las características de tipo I, tendrían relación con la presencia de un arco magmático paralelo a la fosa peruano-chilena, lo cual es indicativo de que en el Triásico tardío ocurrió un evento de subducción a lo largo de la costa oeste sudamericana. Así, esta asociación con los volcánicos Mitu, constituyen una clásica sucesión magmática asociada con regiones de adelgazamiento litosférico seguido de un colapso extensional (Miskovic,2009). Por otro lado las características geoquímicas mostradas en el intrusivo Antarane, podrían deberse a procesos de sobreimposiciones de procesos y eventos termales (Clark et al,1990) los cuales podrían ser los causantes de la variabilidad geoquímica de esas rocas.

Por otro lado la geoquímica de Tierras Raras de los depósitos relacionados con los intrusivos sin-rift del Permotriásico, evidencian algunas características resaltantes. En San Judas Tadeo la roca inalterada de intrusivo monzogranítico, explicaría la anomalía de Eu por formación de plagioclasa. En Sarita la presencia de una muestra mucho mas enriquecida, indicaría su pertenencia a un evento hidrotermal posterior (ver Fig.3B). Mientras en Aricoma las rocas, que han sufrido una alteración hidrotermal muestran la pérdida de la anomalía de Eu. Por tanto, hay una tendencia general que se manifiesta en los depósitos, de empobrecimiento progresivo desde la roca inalterada, roca alterada hasta las menas (Ver Fig.3). Además se observa una variación en el grado de fraccionamiento (razón entre los más extremos LREE y HREE) de las Tierras Raras, debido a que el fraccionamiento, se incrementa con el aumento de mineralización entre otros factores porque muchas LREE se empobrecen en relación a los MREE y HREE, debido a la precipitación mineral, causando el enriquecimiento de MREE en los fluidos residuales y su posterior precipitación (Samson & Wood,2004).

CONCLUSIONES

Los volcánicos de Grupo Mitu del sureste peruano son basaltos traquíticos alcalinos con tendencia toleítica, pero con composiciones variables hacia el sur en fonolitas y traquitas. Mientras que los intrusivos permotriásicos coetáneos con el Grupo Mitu son granitos a granodioritas con características de peraluminosidad.

Los intrusivos permotriásicos originaron el emplazamiento de una serie de depósitos de Cu,Mo,W y Au en las rocas paleozoicas y el mismo intrusivo. Estos depósitos tienen características de pórfido de Mo y W asociados a un rift (Pirajno, 2009), a las que se le superponen eventos anatécicos próximas y de subducción distales, probablemente generadores de los más enriquecidos pórfidos de tipo Cu y Mo.

REFERENCIAS

- Clark,A.; Kontak, D. & Farrar,E.(1990).- The San Judas Tadeo W (Mo, Au) deposit: permian lithophile Mineralization in southeastern Peru. *Economic Geology* Vol. 85
- Kontak D. & Stong D. (1985).- The rift-associated permo-triassic magmatism of the Eastern Cordillera: a precursor to the andean orogeny. En: *Magmatism at a plate edge* (1985)
- Kontak, D; Clark,A. & Farrar,E (1984).- The magmatic evolution of the cordillera oriental, southeastern Peru” En: *Andean magmatic chemical and isotopic constraint*.
- Miskovic A. (2009).- Magmatic evolution of the Peruvian Eastern Cordilleran Intrusive Belt: Insights into the Growth of Continental Crust and Tectonism along the Proto-Andean Western Gondwana. Tesis Doctoral. Universidad de Geneve (Suiza). *Terre & Environment* Vol. 85.
- Pirajno, F (2009).- *Hydrothermal processes and Mineral Systems*. Geological survey of Western Australia. Springer.
- Quispe, J, Carlotto,V; Rodríguez, R. & Huanacuni, D. (2007).- Informe sobre la Metalogenia del Perú Central-Norte. DRME del Ingemmet. Informe Interno.
- Samson, I. & Wood, S. (2004).- The Rare Earth Elements: Behaviour in Hydrothermal Fluids and Concentration in Hydrothermal Mineral Deposits, exclusive of Alkaline settings. En: *Rare-Element: Geochemistry and Mineral Deposits*. Geological Association of Canada. Vol. 17.