



XVIII Congreso Peruano de Geología

ESTUDIO LITOGEOQUÍMICO COMPARATIVO ENTRE LA SUPERUNIDAD LINGA Y SUPERUNIDAD TIABAYA EN LOS SECTORES DE JAQUÍ Y ACARÍ Y SU COMPORTAMIENTO RESPECTO A LA MINERALIZACIÓN

Cesar Augusto Calderón Cossio¹

¹ INGEMMET, Av. Canadá 1470 San Borja Lima, Lima, Perú (ccalderonc@ingemmet.gob.pe)

1. Introducción

El área de estudio (Figura 1) comprende el Segmento Arequipa del Batolito de la Costa (Pitcher et al, 1985), entre los cuadrángulos de Jaquí (31-ñ) y Acarí (31-n). La zona es explotada desde el siglo pasado como yacimiento filoniano de origen hidrotermal con mineralización de Au-Cu y donde la mayor concentración de labores mineras se encuentra en los sectores de Cobrepampa (Acarí) y Canchete (Jaquí).

2. Metodología

Para la litogeoquímica de las Superunidades Linga y Tiabaya se determinaron parámetros petrográficos y firmas geoquímicas comparativas entre ambas, para establecer sus relaciones con la mineralización. Este estudio se enmarca dentro de las Actividades de la Dirección de Recursos Minerales y Energéticos de INGEMMET, Asistencia Técnica a los Pequeños Productores Mineros y Mineros Artesanales.

3. Rocas Ígneas

La Superunidad Linga corresponde a los emplazamientos más antiguos del Segmento Arequipa, cuya litología predominante es la monzonita y pequeños cuerpos de monzonitas con cuarzo, pero tiene variaciones internas, de tamaño granular variable, con feldespato potásico y poca biotita. La Superunidad Tiabaya corresponde a la secuencia final de intrusión del Batolito de la Costa y litológicamente se halla compuesta por un

grupo de rocas que varían entre dioritas, tonalitas, granodioritas y monzogranitos. Esta área está controlada básicamente por dos sistemas estructurales regionales con direcciones NO-SE y E-O, estas últimas relacionadas al Sistema de Fallas Corticales Iquipi-Clavelinas (Mamani & Rivera, 2011).

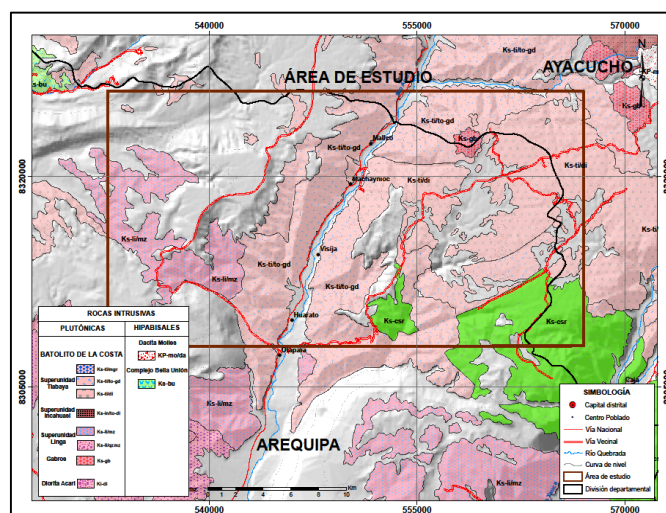


Figura 01. Mapa de ubicación y rocas ígneas del área de estudio.

4. Petrografía

En el laboratorio de Petromineralogía de INGEMMET se han analizado 14 muestras de roca de la Superunidad Linga que varían entre monzogranitos, monzonitas con cuarzo y monzodioritas, grises claras compactas, algo porfídicas con venillas de cuarzo blanco débilmente silicificadas ocupando cerca del 35% del área de estudio.

Para el estudio de la Superunidad Tiabaya se han analizado 17 muestras que varían desde monzogranitos, granodioritas-tonalitas, cuarzomonzodioritas y dioritas, grises claras a oscuras, de textura holocristalina y en algunos casos porfídica ocupando cerca del 50% del área de estudio. Presentan venilleo de cuarzo blanco hialino.

5. Litogeoquímica

Se han reconocido 03 facies litológicas para la Superunidad Linga: monzodioritas, monzonitas y monzogranitos. Su contenido de SiO₂ varía entre 61 a 70 wt% encontrándose en el grupo de rocas intermedias a ácidas (Figura 2a).

La Superunidad Tiabaya presenta 04 facies litológicas: dioritas, monzodioritas, tonalitas-granodioritas y monzogranitos. Presentan intervalos de SiO₂ entre 55 a 68 wt% definiéndose como rocas intermedias a ácidas (Figura 2b). Las rocas son propias de un ambiente calcoalcalino-alkalino, lo que indicaría que estos magmas se han generado en una zona de subducción (Rubiolo et al, 2000).

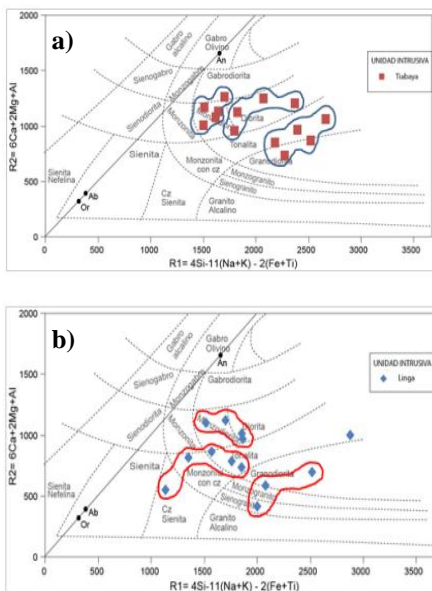
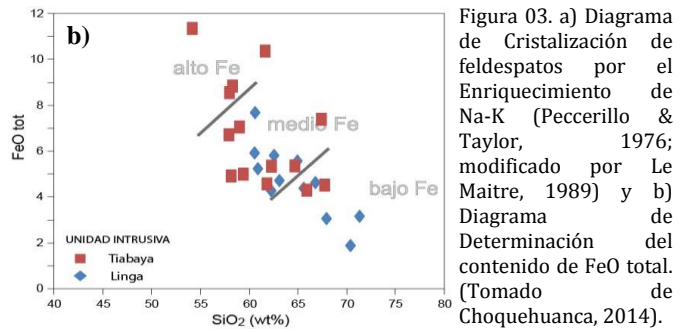
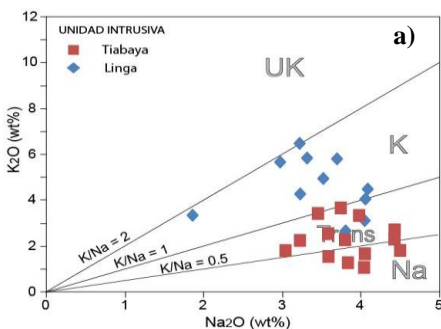


Figura 02. a) Diagrama R1-R2 (De la Roche et al, 1980) utilizando cationes para la Superunidad Linga, b) Diagrama R1-R2 (De la Roche et al, 1980) utilizando cationes para la Superunidad Tiabaya.

El contenido de Na₂O y K₂O (Figura 3a) va casi proporcional por lo que se determina que las rocas se encuentran en un ambiente transicional a potásico. Los magmas máficos de la Superunidad Tiabaya según el contenido de FeO total ostentan un mayor contenido de Fe respecto a las de la Superunidad Linga (Figura 3b).



La Sílice (55 a 70 wt%) va en aumento proporcional así como el K₂O (0.6 a 6 wt%) lo que no se observa en los demás óxidos de los diagramas Harker (TiO₂, MnO, MgO y CaO) que van disminuyendo, lo cual según Araña (1984) es válido en el desarrollo de un proceso de cristalización fraccionada en el magma (Figura 4).

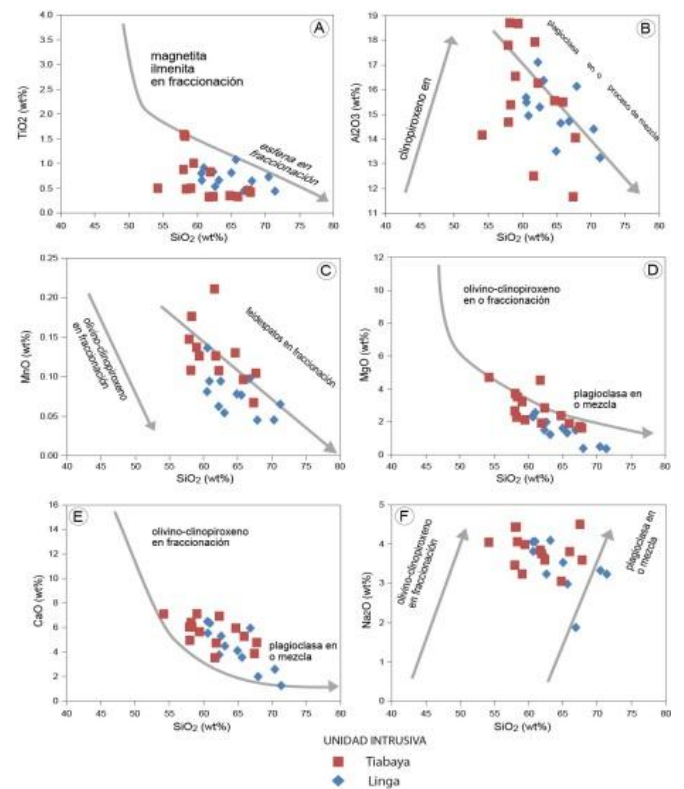


Figura 04. Diagramas de Harker

El comportamiento de los elementos traza incompatibles respecto a los compatibles queda establecido con la correlación negativa de Rb vs V y V vs Zr. Los elementos compatibles como el V indican que las rocas provienen de magmas parentales, su disminución progresiva hace referencia a la cristalización fraccionada (Figura 5 a y b).

Los elementos incompatibles como el Rb muestran su tendencia en algunas muestras hacia la fusión parcial. El Rb se encuentra casi siempre en los feldespatos potásicos (Rankama, 1954) y su incremento se da básicamente en la S.U Linga.

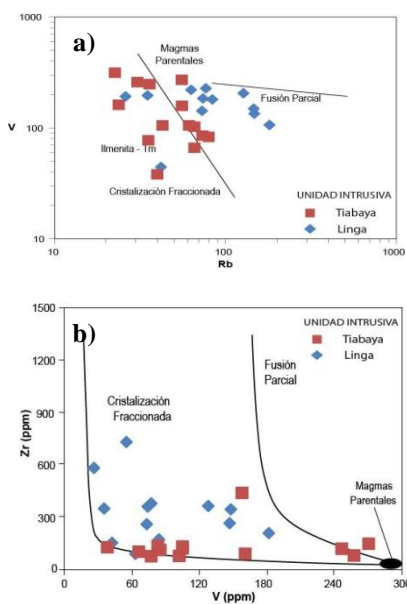


Figura 05. a) Diagrama de Variación de Rb vs V y b) Diagrama de Variación V vs Zr. (Tomado de Choquehuanca, 2014.)

El diagrama Spider (Figura 6a) muestra un enriquecimiento de los elementos móviles LILE y bajo contenido de HFSE. Las anomalías reflejadas en Nb (negativas) y en Pb, K, Rb, Th y U (positivas) nos indican un típico marco tectónico de subducción (Martínez & Cervantes, 2003 citando a Wilson & Winter). El diagrama de Tierras Raras (Figura 6b) indica el enriquecimiento de las LREE y empobrecimiento de las HREE con un marcado subparalelismo indica menor grado de fusión parcial, por lo que los magmas son poco contaminados.

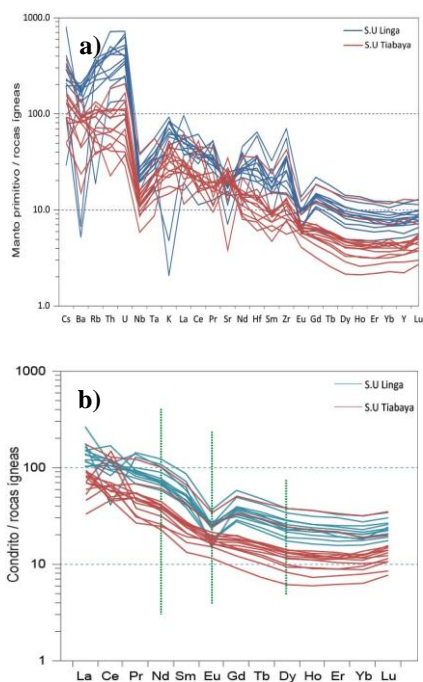


Figura 06. a) Diagrama Spider y b) Diagrama de Tierras Raras.

El diagrama de anomalías Sr/Y vs Eu/Eu* (Figura 7a) nos muestra que rocas de las Superunidades Linga y Tiabaya pertenecen en su mayoría a magmas húmedos lo que indica que tuvieron un gran potencial para generar fluidos hidrotermales. Algunas muestras de La

Superunidad Tiabaya tienden hacia los magmas secos con fraccionación de granate indicando mayor profundidad de formación. El Diagrama Eu/Eu* vs FeO total (Figura 7b) indica la relación genética entre los magmas y ocurrencias metálicas, donde la Superunidad Tiabaya tiende a la mineralización Cu-Au mientras que la Superunidad hacia la mineralización Cu-Mo.

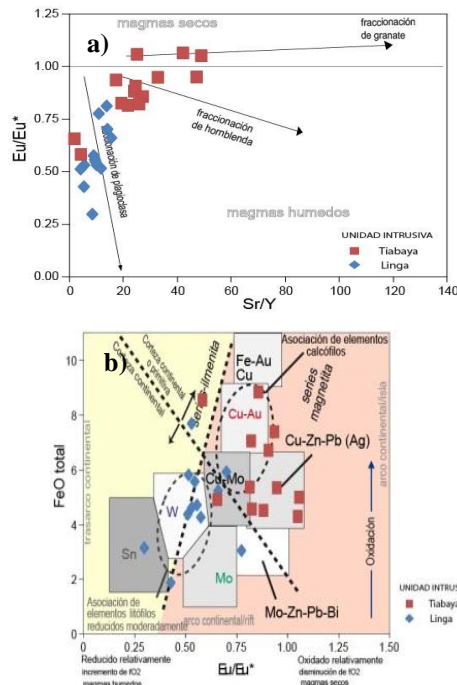


Figura 07. a) Diagrama de Tipo de Magma Sr/Y vs Eu/Eu* y b) Diagrama de Oxidación vs El Contenido de agua Eu/Eu* vs FeO total

6. Relaciones con la mineralización en Cobrepampa y Canchete

Los resultados geoquímicos de las muestras de vetas analizadas indican para la Superunidad Linga valores promedio para el caso de los **monzogranitos** de **25.32%Cu** con dirección N50°O y longitudes mayores a los 45m y un ancho de 1 m. La mineralización es dada por una zona de oxidación (malaquita, crisocola, hematita, cuprita), enriquecimiento secundario (bornita, covelita, calcopirita) y sulfuros primarios (calcopirita y piritita). Las **monzonitas con cuarzo** abarcan casi toda la zona de estudio en donde se han emplazado vetas paralelas a sub paralelas cuyo valor promedio en las direcciones N46-60°O es de **19.26%Cu** y con dirección E-O es de **16.34%Cu**. La mayor cantidad de labores se encuentran en la zona de enriquecimiento secundario (covelita, calcosita, bornita, atacamita) y algunos en la zona de sulfuros primarios (calcopirita, piritita), donde las vetas presentan un ancho promedio de 1.00 m y una longitud de 55m. Los **monzodioritas** se ubican hacia la parte central de la zona de Cobrepampa. Se han determinado valores promedios de **16.87%Cu** cuya dirección de las vetas es de N50°O con una ancho promedio de 1 m y una longitud aproximada de 45 m. Básicamente se encuentra en la explotación de minerales de enriquecimiento secundario (cuprita, calcosita, bornita) con presencia de carbonatos

de cobre (malaquita, crisocola). La mayoría de las labores son piques de 70m. En base a los resultados obtenidos podemos determinar que los mejores valores (leyes) de las **menas de Cu** se ven reflejados en las rocas de composición monzogranítica.

Las rocas de la Superunidad Tiabaya se relacionan básicamente a la **mineralización de oro**. Sin embargo sus **monzogranitos** albergan vetas de **Cu**, con valores promedios de **15.78%Cu** que a diferencia de los monzogranitos de la Superunidad Linga, tienen un ancho promedio de 0.25 m, longitud de 50m y presentan cuarzo blanco hialino con hilos de sulfuros (calcopirita y piritita). Las **tonalitas-granodioritas** actúan como rocas estériles puesto que no son receptoras de mineralización, que abundan en la zona de Canchete, pero sin embargo los valores de **Au** son **menores a 3 ppm**. Las **monzodioritas** tienen una tendencia casi E-O, se han hecho trincheras y presenta mineralización de cuarzo blanco con óxidos de Hierro. Las vetas presentan valores **menores a 3 ppm** de **Au** con un ancho casi de 1m y una longitud aproximada de 40m. Las **dioritas** presentan las mejores leyes en Canchete, más relacionadas a las estructuras E-O hacia la zona de Santa Elisa y Norte Canchete con una ley de **701.19 ppm** de **Au** cuyas vetas presentan un ancho de 0.30m y una longitud de 35m donde la roca caja se encuentra alterada y presenta carbonatos de Cu como malaquita.

7. Conclusiones

- La Superunidad Linga presenta 03 facies litológicas: monzodioritas, monzonitas con cuarzo y monzogranitos en la zona de Cobrepampa, mientras que la Superunidad Tiabaya presenta 04 facies litológicas: dioritas, monzodioritas, tonalitas-granodioritas y monzogranitos en la zona de Canchete.
- A través del estudio petrográfico y litogeoquímico se puede determinar que las rocas de la Superunidad Linga y Tiabaya presentan un carácter más precisamente calcoalcalino.
- El proceso magmático por el cual se han originado las rocas de la Superunidad Linga y Tiabaya ha sido de cristalización fraccionada según los diagramas Harker y las relaciones Rb vs V y V vs Zr. El ambiente tectónico de estos magmas están relacionados con zonas de subducción.
- Los mejores valores en las menas de Cu se ven reflejados en los *Monzogranitos Linga*, mientras que los de Au se encuentran en las *Dioritas Tiabaya*.
- Litogeoquímicamente La Superunidad Linga se caracteriza por su anomalía negativa en Eu, altas concentraciones en Rb, Th y U, que la diferencia de la Superunidad Tiabaya.

Agradecimientos

Al Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), ente rector de la Geología Nacional en el Perú por permitir el desarrollo de estudio.

A la Dirección de Recursos Minerales Energéticos, en su calidad de Director Ing. Jorge Chira Fernández por la asesoría del presente trabajo y al Ing. Freddy Arcos Alarcón por los aportados al mismo.

A la Asesora de Investigación Geológica del INGGEMMET Dra. Mirian Mamani Huisa por las observaciones realizadas.

Referencias

- Araña, V. 1984. Volcanología. Ed. Rueda, Madrid. 510 p
- Mamani, M., Rivera, F. 2011. Sistema de Fallas Iquipi-Clavelinas: zona de transición cortical e implicancias para el emplazamiento de depósitos minerales. Sociedad Geológica del Perú, Boletín, 105, p. 37-50
- Mamani, M., Navarro, P., Carlotto, V., Acosta, H., Rodríguez, J., Jaimes, F., Santos, A., Rodríguez, R., Chávez, L., Cueva, E., Cereceda, C. 2010. Arcos Magmáticos Meso-Cenozoicos del Perú. En: Congreso Peruano de Geología, 15, Cusco, 2010. Resúmenes Extendidos. Cusco: Sociedad Geológica del Perú, Publicación Especial N°9, p.563-570
- Martínez, W., Cervantes, J. 2003. Rocas ígneas en el sur del Perú: nuevos datos geocronométricos, geoquímicos y estructurales entre los paralelos 16° y 18°30' Latitud Sur. INGGEMMET, Boletín, Serie D: Estudios Regionales, Lima. 140 p
- Pitcher, W., Atherton, M., Cobbing, E., Beckinsale, R. 1985. Magmatismo en el borde de una placa, Los Andes Peruanos. British Geological Survey. Lima. 359 p
- Rankama, S. 1954. Geoquímica. Aguilar S.A Ediciones, Madrid. 862 p
- Rubiolo, D., Hickson, C., Busteros, A., Villeneuve, M., Edwards, B. 2000. Petrología del Cerro Morocho: Volcán del mioceno Superior en ambiente glacial? (Valle de Chaschuil, Catamarca, Argentina). En: Congreso Geológico Chileno, 9, Puerto Varas, 31 Julio - 4 Agosto 2000. Artículos de congresos. Puerto Varas: Sociedad Geológica de Chile, Simposio Nacional N° 3, vol. 2, p. 329-333