

Correlación geoquímica de eventos ígneos en el Proyecto Esperanza, distrito Bolognesi, departamento Áncash

GEOCHEMICAL CORRELATION OF IGNEOUS EVENTS IN THE PROJECT ESPERANZA, DISTRICT BOLOGNESI, DEPARTMENT ÁNCASH

Marleny Quispe A.¹, Hugo Rivera M.²

RECIBIDO: 14/10/2013 – APROBADO: 20/12/2013

RESUMEN

Hay pocos estudios regionales haciendo una relación del tipo de magma y sus respectivas ocurrencias metálicas. Durante la formación de magmas se desarrollan rocas productoras ("fértil") y no productoras ("estéril"). Es importante entonces, determinar qué controló las variaciones en las firmas o huellas geoquímicas de estas rocas, interpretar eventos magmáticos en tiempo-espacio para de esta forma focalizar la mineralogía en la zona estudiada

En el Proyecto Esperanza en base de la caracterización geoquímica de los eventos ígneos representados por el stock monzodiorítico, diques y lavas andesíticas, stock y diques dacíticos se concluye que son de ambiente geotectónico de arco volcánico en zonas de subducción. La monzodiorita es la de más antigüedad, la que presenta mayor grado de oxidación y proveniente de magmas húmedos y la que más presenta alteraciones hidrotermales, por lo que asume que este intrusivo es el responsable de la generación y liberación de fluidos relacionados a la mineralización de la zona de estudio.

Palabras clave: geoquímica, magmatismo, arco volcánico.

ABSTRACT

Few regional studies by a relationship type magma and their metal occurrences. During the producing rock formation magmas ("fertile") and non-producing ("sterile") are developed. It is therefore important to determine which controlled variations in geochemical signatures or footprints of these rocks, interpret magmatic events in space-time to thereby focus mineralogy in the study area

The Esperanza Project on the basis of geochemical characterization of igneous events represented by monzodioritic stock, andesitic dykes and lavas, dacitic dikes and stock and concludes that they are of volcanic arc tectonic environment in subduction zones. The monzodiorite is the most ancient, the one with higher degree of oxidation and wet from magmas and hydrothermal alteration that more presents, so we assumed that this intrusive is responsible for the generation and release of fluids related to mineralization the study area.

Key words: geochemistry, magmatism, volcanic arc.

1 Egresada. Tesista EAP Ingeniería Geológica de la UNMSM. Correo electrónico: nylemar16_18@hotmail.com

2 Docente EAP Ingeniería Geológica de la UNMSM. Correo electrónico: hriveram@unmsm.edu.pe

I. INTRODUCCIÓN

En este estudio, se hace una revisión de la formación de los magmas en el arco magmático y su registro geoquímico a través del tiempo. En la geoquímica del magma es muy importante el indicador del momento crítico en que se produce la mineralización en los sistemas porfiríticos (Camus, 2003).

En la presente investigación en base de los análisis geoquímicos de roca total que comprenden los elementos mayores expresados en porcentajes de peso y los elementos traza en ppm con los cuales se generaran diagramas en los que se representa de una manera práctica la variabilidad geoquímica de una roca o una serie de rocas, sirven no solamente para darnos una idea de la composición química de una roca determinada, sino también relacionarlo con el proceso de cristalización o evolución de las series, así determinar la profundidad aproximada de asimilación en donde se genera el tipo de magma, y cuán antiguo es uno con respecto al otro. Además para conocer la evolución de los metales en el tiempo y averiguar la dispersión geoquímica primaria. Los resultados de esta investigación conllevarán al conocimiento de la variabilidad química de estos volcánicos e intrusivos y la abundancia de metales trazas petrogenéticos y de interés económicos (Rollinson, 1993).

I.1 Ubicación y accesibilidad

La zona de estudio abarca el Proyecto Esperanza de la Empresa Minera IAMGOLD y está ubicado en el cuadrángulo Santiago de Chuco (17-g) dentro de la zona 17, el punto central de referencia es el del Cerro Wanda con una altura promedio de 2800 msnm. (Figura N.º 1 y 2).

La accesibilidad al área de estudio se realiza por vía terrestre tomando la siguiente ruta:

Lima-Santa	462 km
Santa Chuquicara	92 km
Chuquicara-Bolognesi	50 km
Total	604 km



Figura N.º 1. Ubicación del área de estudio.

I.2 Objetivos

- Caracterizar geoquímicamente las rocas volcánicas e intrusivas de los principales afloramientos del área de estudio y compararlas y correlacionar entre ellas y con otras rocas ígneas de la región.
- Determinar la fuente de los magmas y fluidos relacionada a la mineralización.
- Encontrar rocas con firma geoquímica favorable para la mineralización de estos depósitos de minerales de tal manera que se obtenga nuevas áreas o blancos de exploración a nivel regional (Quispe, M., 2013).

II. GEOLOGÍA REGIONAL

La zona de estudio se encuentra ubicado en una de las cuencas sedimentarias del norte del Perú cortada por la falla regional Bolognesi y otras menores, que presentan gran importancia porque albergan depósitos y proyectos auríferos como Alto Chicama, Comarsa y otros

La zona de estudio está ubicada aproximadamente a 132 km al noroeste del depósito de Pierina y aproximadamente a 48 km al sur este de Alto Chicama.

La cuenca sedimentaria donde se encuentra el proyecto Esperanza tiene orientación Norte-Sur y se caracteriza por hospedar secuencias sedimentarias de edades Jurásicas (Formación Chicama) y Cretáceas (Grupo Goyllarisquiza).

Esta cuenca limita al norte y oeste por derrames, brechas, y tufos volcánicos de composición andesíticos, dacíticos y riolíticos, con grosor aproximado de 2000 m (Cossío, 1964), esta unidad es denominada como el Grupo Calipuy de edad Cretáceo superior-Terciario inferior, al lado este se encuentra en contacto con intrusivos de la Cordillera Blanca, de composición granodiorita a dioríticas, de edad Terciaria y en el límite Sur, la cuenca se extiende ampliamente (Noble *et al.* 1990)

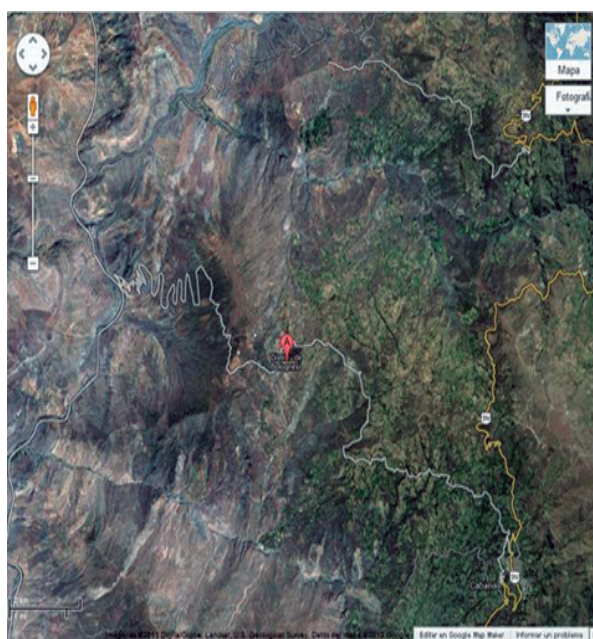


Figura N.º 2. Vista satelital del área de estudio.

Los depósitos cuaternarios se distribuyen en toda la región, como morrenas, depósitos fluvio-glaciares, fluviales, lacustrinos, terrazas, coluviales y eólicos.

2.1 Rocas Ígneas

Las siguientes son las unidades ígneas que se han reconocido en la principal área del proyecto que abarcan el 20 % del área total de estudio (Figura N.º 3).

2.1.1 Stock Monzodiorítico

Es de probable edad Terciaria (próximo a datarse) y se encuentra en pequeños stocks, ubicado al lado oeste del proyecto, en contacto con lutitas de la Formación Santa-Carhuaz y rodeado por el Grupo Calipuy, tiene dimensiones aproximadas de 1.0 km de largo por 0.15 km de ancho es de forma alargada con dirección andina.

También son de probable edad Terciaria, posteriores al intrusivo monzodiorítico, se encuentra localmente a manera de diques y apófisis cortando la unidad del Grupo Calipuy (Figura N.º 3).

2.1.2 Diques Andesíticos

También son de probable edad Terciaria, posteriores al intrusivo monzodiorítico, se encuentra localmente a manera de diques y apófisis cortando la unidad del Grupo Calipuy (Figura N.º 3).

2.1.3 Stock Dacítico

Es el intrusivo más joven (próximo a datarse), está ampliamente distribuido en el paraje Cerro Wanda a manera de

un stock, de forma alargada sus dimensiones aproximadas son de 2.3 km de largo por 0.7 km de ancho, la distribución superficial de esta unidad, se presenta en dirección norte-sur y está limitado al Este por la falla Bolognesi, pero también se emplazó en la Formación Chicama, así mismo al Oeste está en contacto con las areniscas de la Formación Chimú y al Norte con las lavas andesíticas del Grupo Calipuy (Figura N.º 3).

2.2 Geología estructural y tectónica

En el proyecto existen dos tipos de fallas importantes tanto para la distribución de las unidades litológicas como para la ocurrencia de mineralización.

Las fallas de sobreescurrecimientos son las principales causantes de la actual configuración estratigráfica del área, se han reconocido hasta dos de estas estructuras de dirección Norte-Sur los que presentan buzamientos al este entre 40° y 70°, que sobrepone secuencias antiguas (Formaciones Chimú y Chicama) sobre las más jóvenes (Formaciones Santa-Carhuaz). Estos sobreescurrecimientos son conocidos en el proyecto como la Falla Esperanza y Bolognesi que tiene dirección Norte-Sur y es parte del fallamientos regional denominado Pallasca-Cordillera Blanca.

La Falla Esperanza es importante por ser uno de los controles para el emplazamiento de la monzodiorítica asociados con mineralización aurífera y polimetálica. Otra falla importante es la falla Bolognesi, de dirección Norte-Sur ligeramente orientada al noreste, es también uno de los controles para el emplazamiento de la dacita (Cerro Wanda); a lo largo de esta falla existen ocurrencias de mineralización que le da una importancia prospectiva a esta falla.

2.3 Geoquímica del magmatismo

2.3.1 Distribución de las unidades magmáticas

Para efectos de comparación, las muestras de roca fueron agrupadas de acuerdo a su composición y ubicación geográfica, obteniendo cinco grupos o unidades magmáticas.

Ninguna muestra cuenta con datación, asignándose edades inferidas de acuerdo a interpretación en gabinete y a relaciones estratigráficas observadas en campo.

La naturaleza litológica de las muestras de rocas fue determinada petrológica y petrográfica (Tabla N.º 1).

Tabla N.º 1. Litología.

Roca	Ocurrencia	Cantidad
Dacita	stock	4
Dacita	dique	2
Andesita	dique	2
Andesita	lava	5
Monzodiorita	stock	3

2.3.2 Los procesos ígneos

La composición química y mineralógica de la región fuente ejerce un control fundamental sobre la química de las rocas magmáticas. La composición de los elementos mayores y trazas de un fundido está determinada por el tipo de

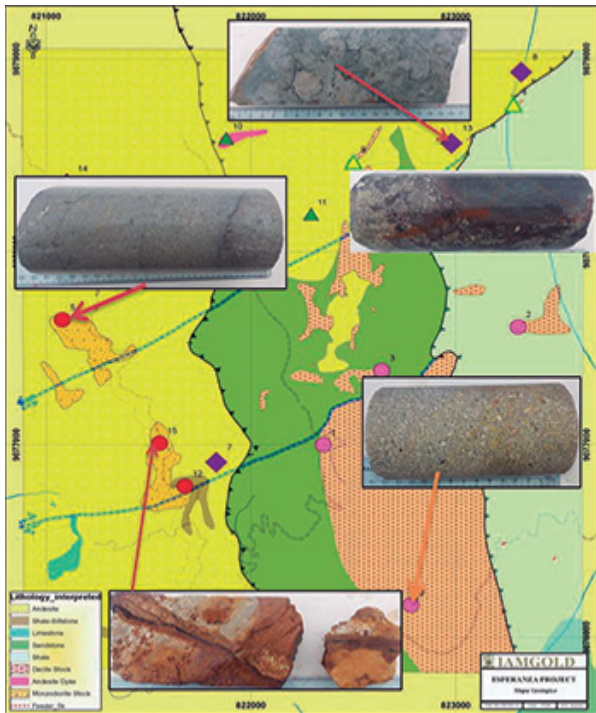


Figura N.º 3. Mapa geológico del Proyecto Esperanza mostrando los afloramientos de rocas ígneas.

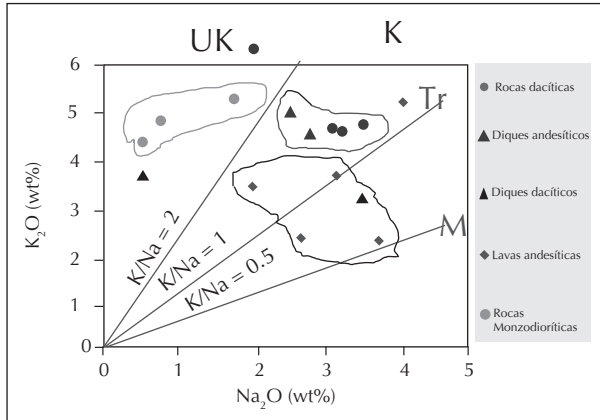


Figura N.º 6. Diagrama de cristalización de feldspatos.

Las lavas andesíticas varían principalmente de sódicas a transicionales; las rocas dacíticas diques dacíticos son principalmente potásicas; las rocas monzodioríticas son ultrapotásicas.

Este diagrama nos confirma el alto contenido de potasio en el diagrama anterior. Por lo tanto se determina que en las monzodioritas hubo cristalización de feldspatos K.

3.5 Enriquecimiento de K: SiO₂ vs K₂O

Con respecto al Diagrama de SiO₂ vs K₂O de Ringwood (1989) y Le Maitre (1989) (Figura N.º 7). La subdivisión de Las rocas subalcalinas se dividen usando el diagrama K₂O vs. sílice en rocas de baja (toleítico), media (calcoalcalina medio K) y alto contenido de K₂O (calcoalcalino de alto K). Las muestras de lavas andesíticas y diques andesíticos tiene tienen contenido medio de potasio, por lo que se las clasifica rocas calcoalcalino de K medio.

Mientras que el grupo de las muestras de las monzodioritas, dacitas y diques dacíticos tienen alto contenido de K. por lo cual son rocas calcoalcalinas de alto K. Este diagrama también confirma los diagramas anteriores

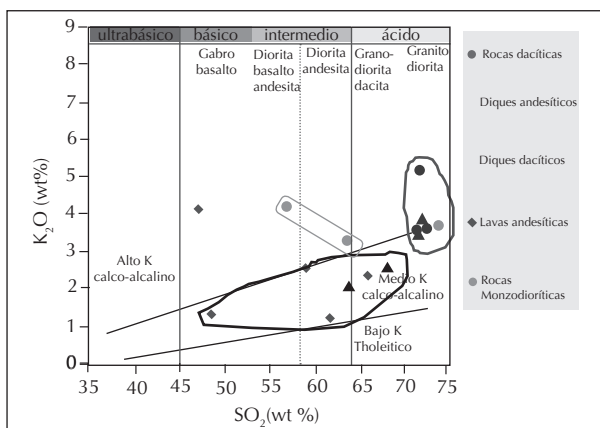


Figura N.º 7. Diagrama de enriquecimiento de K.

3.6 Origen de los granitos: Nb vs. Y

Con este diagrama se confrontan las abundancias en ppm de los elementos traza Nb vs Y plotado en escala logarítmica, con el fin de determinar el origen de las rocas ígneas si son de origen de arco volcánico, de intraplacas y de dorsal oceánica (Figura N.º 8).

Se confirma que las rocas estudiadas proceden de los granitos de los arcos volcánicos de Los Andes.

En el diagrama de Y vs Nb las rocas caen el campo de magmas de arco volcánico (zonas de subducción). Como referencia teórica de acuerdo al engrosamiento cortical y presión litosférica se determinó que se distinguen dos grupos:

1. Valores altos en Nb, indican el grupo de las rocas que afloran hacia el W del área y están menos contaminadas.
2. Valores bajos en Nb, indican que el grupo de rocas que afloran hacia el E. del área están más contaminados.

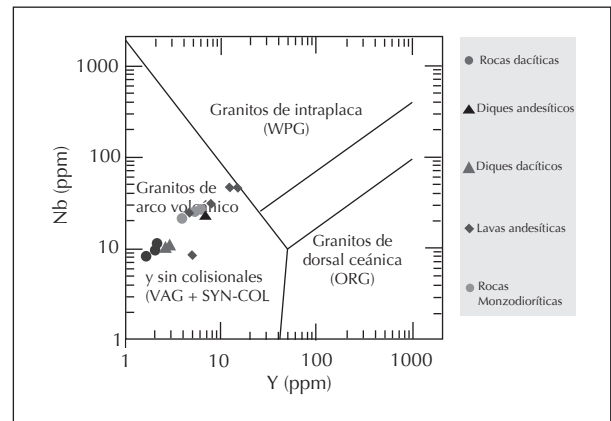


Figura N.º 8. Diagrama de origen de los granitos.

3.7 Antigüedad de los magmas: SiO₂ vs. Sm/Yb

Este diagrama (Figura N.º 9) contrasta la abundancia del SiO₂ vs el ratio o proporción de Sm/Yb, este ratio va a determinar la antigüedad de la roca a nivel de los Andes Sudamericanos, es un estándar proporcional, Según Mamani, M; 2010 se determinó que probablemente a mayor valor de Sm/Yb los magmas son más recientes mientras que a menor valor de Sm/Yb las muestras son más antiguas.

Las rocas y diques dacíticos por su abundancia alta de Sm/Yb son más recientes, seguido por las lavas y diques andesíticos y las rocas monzoníticas son las más antiguas.

Este diagrama confirma que realmente las dacitas cuaríferas es un domo.

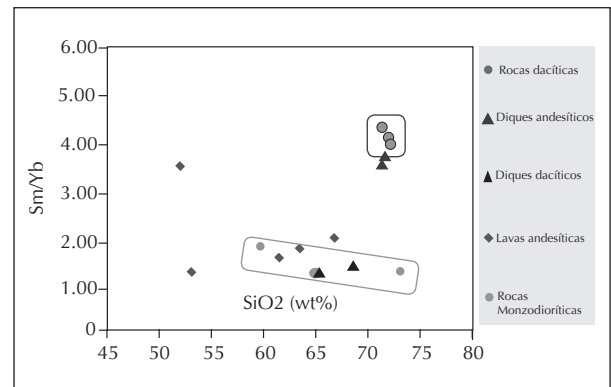


Figura N.º 9. Diagrama de antigüedad de los magmas.

3.8. Profundidad estimada: Eu/Eu* vs Ce/Y

Para estimar la profundidad de las cámaras magmáticas donde se generan los magmas (Figura N.º 10), se plotó los datos del Eu/Eu* vs. Ce/Y de todas las rocas estudiadas en el diagrama propuesto por Mantle y Collins (2008), en donde se observa:

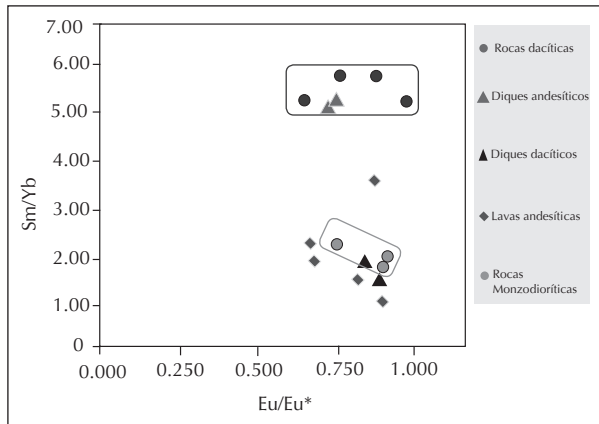


Figura N.º 10. Diagrama de la profundidad estimada de las cámaras magmáticas.

Las rocas dacíticas y diques dacíticos tienen valores altos de Ce/Y desde 5-6 por lo tanto estas rocas se formaron dentro de una corteza mayor de 60 km es decir tienen una profundidad de asimilación del magma a 60 km aproximadamente.

Las lavas y diques andesíticos se formaron dentro de una corteza menor de 20 km y las monzodioritas tienen valores bajos de Ce/Y desde 2 por lo tanto estas tienen una profundidad de asimilación del magma a 30 km.

3.9. Circulación de fluidos hidrotermales: U vs Th

Según el diagrama de U vs Th (Figura N.º 11) nos indica que rocas ígnea tiene mayor o menor contaminación cortical.

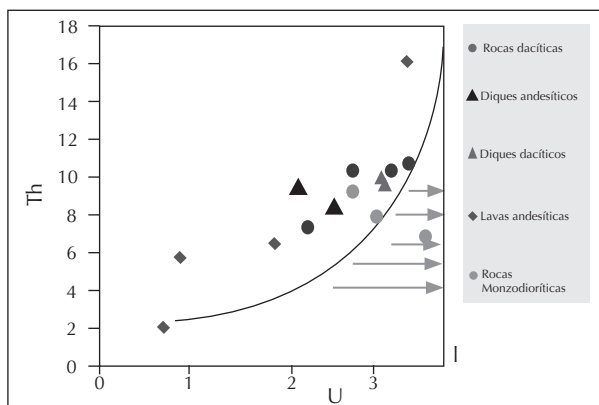


Figura N.º 11. Diagrama de circulación de fluidos hidrotermales.

Las lavas y diques andesíticos presentan valores bajos de U y Th. Mientras que las rocas y diques dacíticos, valores intermedios de uranio y torio.

Las rocas monzodioríticas presentan valores intermedios de Th y valores altos de U, por lo tanto se distinguen que en este tipo de roca ha habido una mayor circulación de fluidos hidrotermales.

Los elementos radiactivos U, Th, K de incrementan sus concentraciones en cortezas superiores. Por lo tanto aquí se determina que los valores de la dacita y la monzodiorítica tienen contaminación cortical superior.

3.10. Diferenciación de los eventos magmáticos: SiO₂ vs. Fe₂O₃

Este diagrama (Figura N.º 12) nos muestra la diferenciación magmática durante la cristalización de las rocas ígneas.

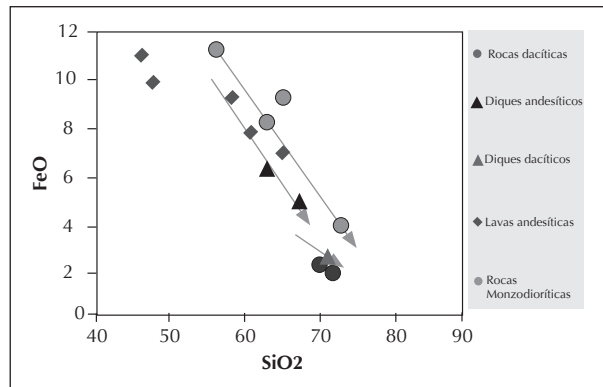


Figura N.º 12. Diagrama de diferenciación de eventos magmáticos.

Según este diagrama se puede determinar tres tipos de diferenciación magmáticas. El primero son rocas intermedias a básicas de las lavas andesíticas y diques andesíticos por ser más ricos en Fe total que disminuye con el aumento de la sílice.

El segundo evento son las rocas monzodioríticas de composición intermedia que presenta una fuerte oxidación probablemente por acción de flujos hidrotermales o alteración intempérica.

Y el tercer evento son las dacitas cuarcíferas bien diferenciadas de bajo contenido de hierro y alto contenido de sílice por lo tanto de composición ácida o félsica.

3.11. Tipos de magmas secos o hidratados: Al/(Ca+Na+K) vs. Eu/Eu*

Este diagrama (Figura N.º 13) nos muestra los tipos de magmas con respecto la saturación de agua.

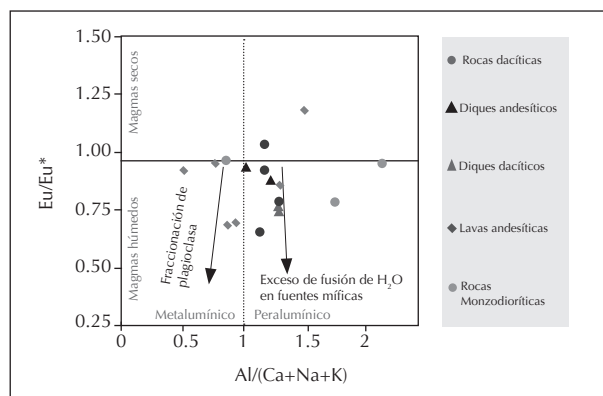


Figura N.º 13. Diagrama de tipos de magmas secos o hidratados.

Según el diagrama de Alúmina/álcalis vs. Eu/Eu^* se describe lo siguiente:

- Los magmas de composición andesítica pertenecen a la zona metaluminosa y se observa un fraccionamiento de plagioclasas.
- Las rocas dacíticas y diques dacíticos se ubican en la etapa de transición con cierta tendencia a ser metaluminosa.

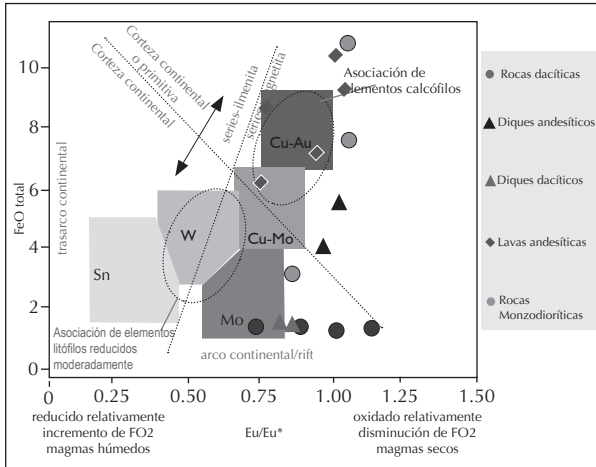


Figura N.º 14. Diagrama de asociaciones de elementos y tipo de mineralización.

En base al estado de oxidación vs. el contenido agua esto representado por la anomalía de Eu_{PbAg} .

Las rocas monzodioríticas tienen predisponibilidad de estar asociadas a elementos calcófilos, por lo tanto relacionada a una mineralización de Cu-Au (Figura N.º 14).

Las rocas muestreadas también están reducidas relativamente al incremento de la fugacidad de oxígeno, es decir, indican que son magmas húmedos.

3.13. Diagrama Multielemental

Este diagrama (Figura N.º 15) nos muestra una secuencia de elementos trazas normalizados según los valores de Manto primitivo de (McDonough & Sun, 1995).

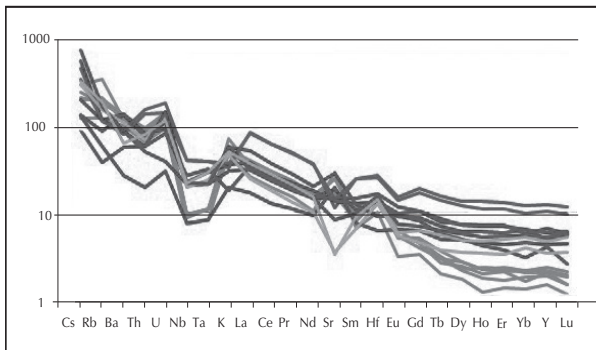


Figura N.º 15. Diagrama multielemental.

Aquí se puede determinar cuatro grupo de curvas tendenciales, por lo tanto se buscará la relación que existe entre ellos. Se llega a la conclusión que el empobrecimiento

Nb y enriquecimiento Ta indican que las rocas estudiadas son de ambiente de subducción.

3.14 Tierras raras

El patrón usado para la normalización fue un condrito a partir de datos de McDonough y Sun (1995).

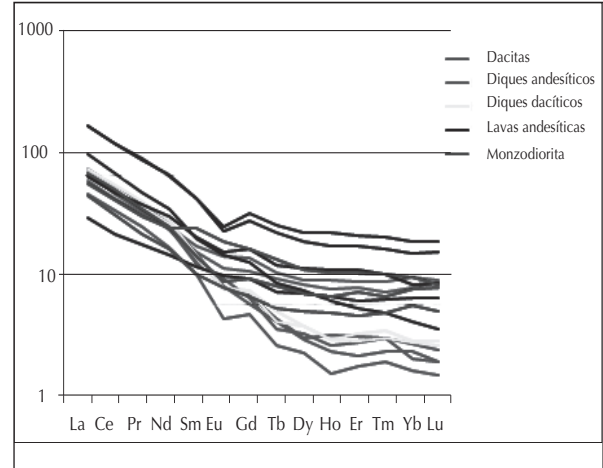


Figura N.º 16. Patrón Normalizado

Las rocas dacíticas son los intrusivos que no presentan mineralización es decir son las rocas estériles, se plotean en el diagrama como un enriquecimiento en tierras raras livianas (LREE) y empobrecimiento en tierras raras pesadas HREE (cocientes roca/condrito <6 ppm para Yb-Lu.

Una muestra se comporta con anomalía negativa de Eu^{+2} de 7.8 ppm. Según Rollinson (1993), este empobrecimiento de HREE a LREE probablemente indica granate residual en la fuente.

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En la presente investigación en base de los análisis geoquímicos de roca total que comprenden los elementos mayores expresados en porcentajes de peso y los elementos traza en ppm con los cuales se generaran diagramas en los que se representa de una manera práctica la variabilidad geoquímica de una roca o una serie de rocas, sirven no solamente para darnos una idea de la composición química de una roca determinada, sino también relacionarlo con el proceso de cristalización o evolución de las series, así determinar la profundidad aproximada de asimilación en donde se genera el tipo de magma, y cuan antiguo es uno con respecto al otro. Además para conocer la evolución de los metales en el tiempo y averiguar la dispersión geoquímica primaria. Los resultados de esta investigación conllevarán al conocimiento de la variabilidad química de estos volcánicos e intrusivos y la abundancia de metales trazas petrogenéticos y de interés económico.

Los estudios geológicos que incluyen la información geoquímica han cambiado los conceptos sobre el origen de los materiales ígneos y su desarrollo a través del tiempo, con los estudios geoquímicos y radiométricos se han desarrollado y ampliado los parámetros de posición y evolución magmática, sobre todo por análisis geoquímicos de ele-

mentos mayores, menores, trazas y tierras raras (REE) realizados en unidades litológicas.

V. CONCLUSIONES

- 1. Grado de oxidación.** Las rocas monzodiorita, presenta una alto grado de oxidación (8.30 % Fe), que indica alteración hidrotermal o intempérica.
- 2. Clasificación de rocas según su composición química.** Las rocas monzodioríticas tienen composición monzonita-granodiorita y granito. Y dos de ellas son de composición de la serie toleítica (granodiorita y granito) y solo una la monzonita tiene composición calcoalcalina.
- 3. Clasificación según su composición de alúmina.** El alto contenido de K indica que las rocas monzodioritas tienen más contaminación de magmas. Correspondiendo al grupo de los granitoides Tipo S
- 4. Cristalización de feldespatos por el enriquecimiento de Na-K.** Las monzodioritas tienen un alto contenido de potasio en el diagrama por lo tanto se determina que hubo cristalización de feldespatos K.
- 5. Origen de los granitos.** En el diagrama de Y vs. Nb las rocas caen en el campo de magmas de arco volcánico (zonas de subducción).
- 6. Antigüedad de los magmas.** A mayor valor de Sm/Yb los magmas son más recientes mientras que a menor valor de Sm/Yb las muestras son más antiguas. Por la proporción de Sm/Yb las rocas monzodioritas son las más antiguas.
- 7. Profundidad estimada.** Las monzodioritas tienen valores bajos de Ce/Y desde 2 por lo tanto estas tienen una profundidad de asimilación del magma a 30 km en la columna cortical.
- 8. Circulación de fluidos hidrotermales.** Los elementos radiactivos U, Th, K de incrementan sus concentraciones en cortezas superiores. Por lo tanto aquí se determina que los valores de la dacita y la monzodiorítica tienen contaminación cortical superior (cámaras magmáticas someras donde el valor d Th y U se incremente < 5km).
- 9. Diferenciar los eventos magmáticos.** Podemos determinar tres tipos de diferenciación magmáticas
- 10. Tipos de magmas secos o hidratados.** Todas las muestras están dentro del rango de magmas húmedos.

- 11. En base al estado de oxidación vs. el contenido agua.** Las rocas muestreadas están reducidas relativamente al incremento de la fugacidad de oxígeno es decir, indican que son magmas húmedos.
- 12. Diagramas Multielementales.** El empobrecimiento Nb y enriquecimiento de Ta indican que las rocas ígneas son de ambiente de subducción.
- 13. Diagrama tierras raras.** El enriquecimiento en tierras raras livianas (LREE) y el empobrecimiento en tierras raras pesadas HREE indican probablemente la presencia de granate residual en la fuente.

VI. AGRADECIMIENTOS

Le agradecemos a los funcionarios de la Empresa Minera IAMGOLD por su apoyo en la realización de la Tesis y a las autoridades de la UNMSM y la FIGMMG por su colaboración y apoyo en la difusión de este tema.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Camus, F. (2003). *Geología de los sistemas porfiríticos en los Andes de Chile*. Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile, Santiago de Chile. 267 p.
- Cossío, A. (1964). *Geología de los cuadrángulos de Santiago de Chuco y Santa Rosa*. Comisión Carta Geológica Nacional (INGEMMET) Boletín N.º 8, 69 pp.
- Mamani, M., Worner, G. y Sempere, T. (2010). Geochemical variations in igneous rocks of the Central Andean orocline (13°S to 18°S): Tracing crustal thickening and magma generation through time and space. *Geological Society of America Bulletin*, Vol. 122, pp. 162-182.
- Noble, D., McKee, E., Mourier, T., Megard, F., (1990). Cenozoic stratigraphy, magmatic activity, compressive deformation, and uplift in northern Peru. *Geological Society of America Bulletin*, V. 102, p. 1105-1113.
- Rollinson, H.R. (1993). *Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation and Interpretation*. Longman Scientific & Technical, New York, 352 p.
- Quispe, M (2013). *Correlación geoquímica de eventos ígneos en el Proyecto Esperanza, distrito Bolognesi, dpto. Ancash*. Tesis de Ingeniero EAP Ingeniería Geológica-UNMSM.