



SGP
FUNDADA 1924

Boletín de la Sociedad Geológica del Perú

journal homepage: www.sgp.org.pe

ISSN 0079-1091

Potencial geológico de elementos de tierras raras (REE) en el centro del Perú

Michael Valencia y Alexander Santisteban

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

1. Introducción

Las tierras raras son un grupo de elementos químicos comprendidos entre el lantano (La) y el lutecio (Lu), a los que se suman los metales de transición escandio (Sc) e itrio (Y) por sus propiedades similares (Samson & Wood, 2005).

Por sus características físicas y químicas, que son

similares en todos, tienen aplicación en diversos artefactos electrónicos, y como elementos de aleación debido a que confieren características especiales a los metales y al vidrio. Por lo tanto, las tierras raras tienen una importante demanda en el mundo por su empleo en la industria (Unger, 2009), pese a su relativa rareza (Tabla 1).

Tabla 1. Abundancia de las tierras raras en la corteza continental, que sumadas no alcanzan los 80 ppm (Samson & Wood, 2005).

Elemento	Concentración (ppm)	Elemento	Concentración (ppm)
Y	20	Er	2.2
Nd	16	Yb	2.2
La	16	Eu	1.1
Pr	3.9	Ho	0.78
Dy	3.7	Tb	0.6
Sm	3.5	Tm	0.32
Gd	3.3	Lu	0.3

En el Perú, las principales rocas relacionadas con estos elementos comprenden plutones y stocks de tendencia alcalina a peralcalina, que también se relacionan a depósitos de U-Th, y que provienen de alguna fusión de litósfera subcontinental antigua (Chirif, 2011). Sin embargo, hasta ahora no se ha descubierto un depósito mineral de tierras raras de envergadura en el Perú.

Este trabajo está enmarcado en los estudios metalogénéticos regionales que realiza la DRME del INGEMMET, cuyo objetivo es encontrar zonas geológicamente potenciales para la ocurrencia de depósitos minerales de tierras raras en el centro del Perú.

Entre las rocas alcalinas que tienen potencial en el centro del Perú, se considera el Batolito de San Ramón en Junín (Chirif, 2011); sin embargo, la zona donde se ubica

el batolito es de pobre acceso, con abundante cobertura vegetal, por lo que es una zona con escasa información geológica.

2. Metodología aplicada

Se realizó un muestreo selectivo de rocas intrusivas. Las muestras se enviaron a laboratorio para análisis geoquímico por 55 elementos por ICP-MS con fusión de peróxido de sodio. En total se obtuvieron 234 datos geoquímicos, que, depurados y seleccionados, fueron ploteados en diagramas geoquímicos, para la clasificación de tipo de rocas (De La Roche et al., 1980), así como el diagrama de álcalis vs. sílice (Le Bas et al., 1986) y el

diagrama de índice de aluminosidad (Shand, 1927), usado para diferenciar muestras entre las series metalumínica, peralumínica, y peralcalina.

3. Geología regional

Las unidades geológicas sedimentarias forman franjas de dirección NO-SE, que se distribuyen de NE a SO en el siguiente orden (Fig. 1):

- El Precámbrico comprende rocas metamórficas.
- El Paleozoico inferior y medio (incluyendo un Devónico comprobado) se depositó en ambiente marino pero presenta ahora facies metasedimentarias.
- El Paleozoico superior (Carbonífero) consiste de estratos de origen continental y marino.
- El Triásico-Jurásico sobreyace a lo anterior y está conformado por secuencias calcáreas marinas, que son recubiertas por unidades cretáceo-paleógenas de la Faja Subandina al extremo NE.
- Con la misma tendencia y orientación, se tiene el Cretáceo marino a continental de la Cuenca Occidental, y

el Cenozoico caracterizado por un vulcanismo de arco magmático (principalmente Neógeno) que cubre el eje de la Cordillera Occidental junto a las Capas Rojas del Paleógeno.

4. Magmatismo

En base al diagrama de álcalis totales vs. sílice (TAS) de Le Bas et al. (1986), se determina que en la zona de estudio existen rocas alcalinas, calcoalcalinas, y toleíticas (Fig. 2). Las rocas intrusivas del Permo-Triásico son generalmente alcalinas o de tendencia alcalina, mientras sus equivalentes volcánicos son generalmente toleíticos. Esta aparente contradicción se debería básicamente a la alteración de algunas de las muestras, con pérdida de Na, K, Ca, y aumento relativo de Si y Al, debido a procesos supérgénicos que afectaron las muestras de la zona selvática, y procesos hidrotermales en las muestras cercanas a algunos proyectos en la zona alto-andina. Sin embargo, estos procesos no afectaron las concentraciones de tierras raras.

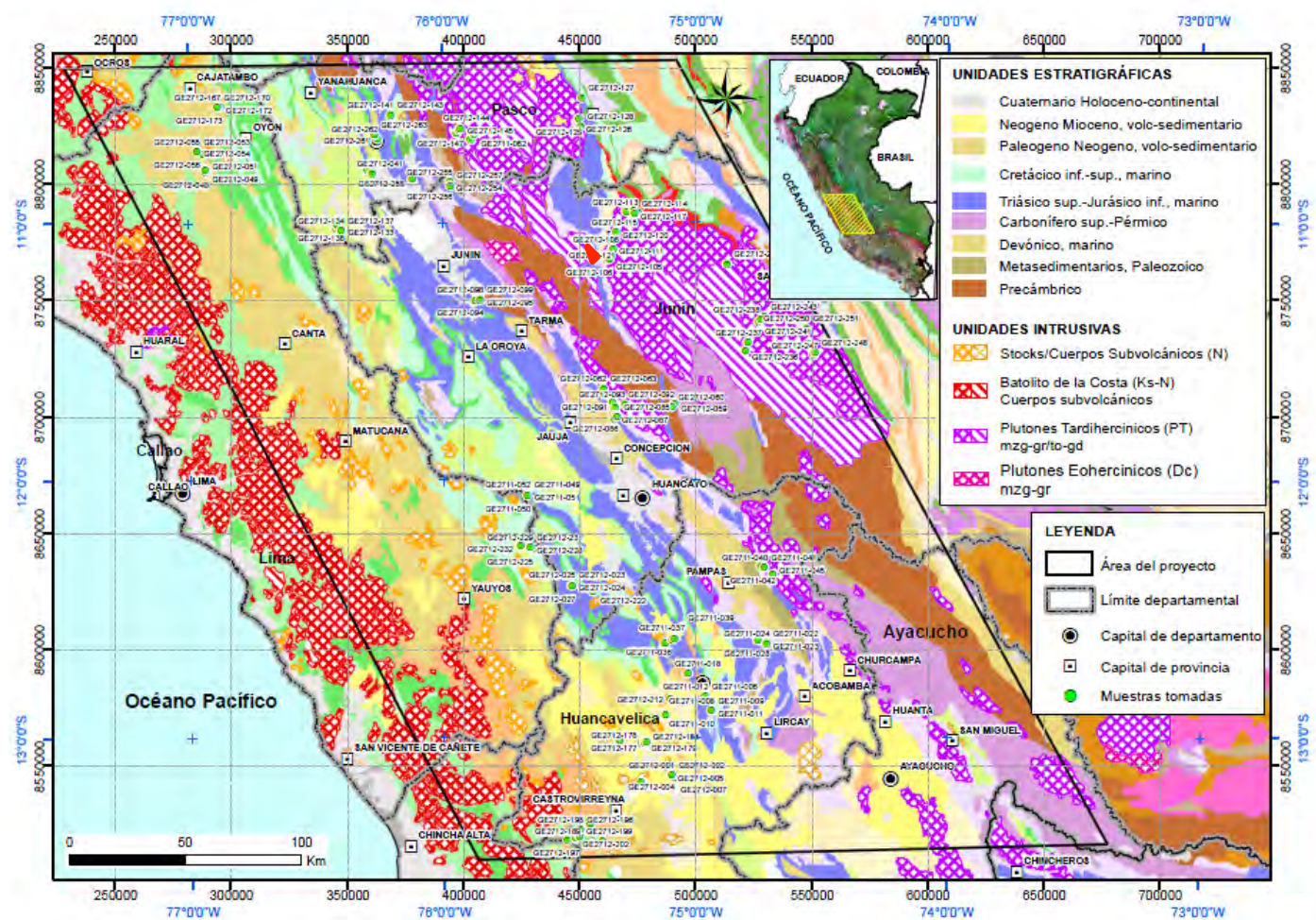


Figura 1. Mapa geológico generalizado, donde se ubican las muestras recolectadas durante el presente estudio. Se destacan las zonas de Pampa Hermosa y Calabaza en Satipo (dentro de la elipse roja), que presentan un mayor potencial para ocurrencias de REE.

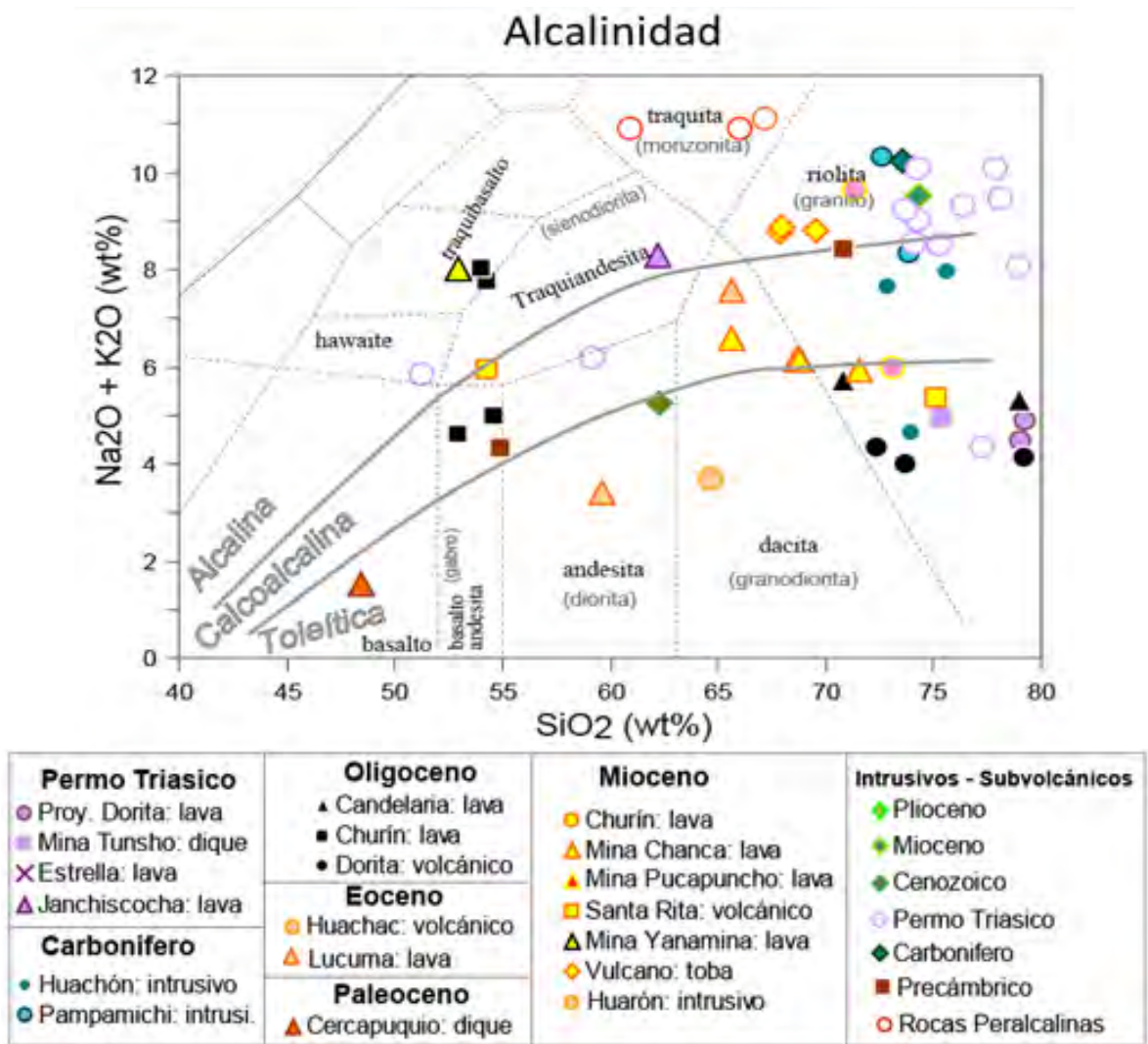


Figura 2. Gráfica del grado de alcalinidad de las rocas de la zona de estudio en base al diagrama de TAS (Le Bas et al., 1986).

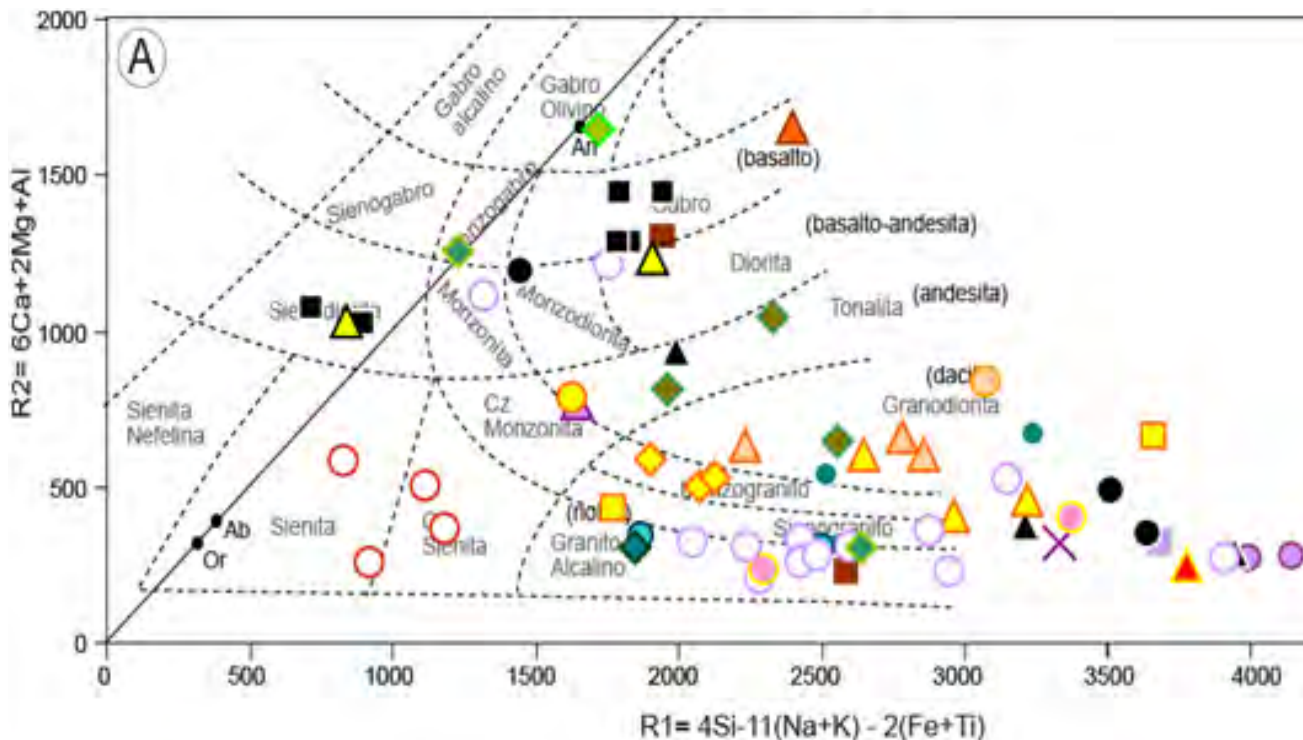


Figura 3. Diagrama de clasificación por tipo de roca de muestras de la zona de estudio en base al diagrama de De La Roche et al. (1980); mismos símbolos que en la Figura 2.

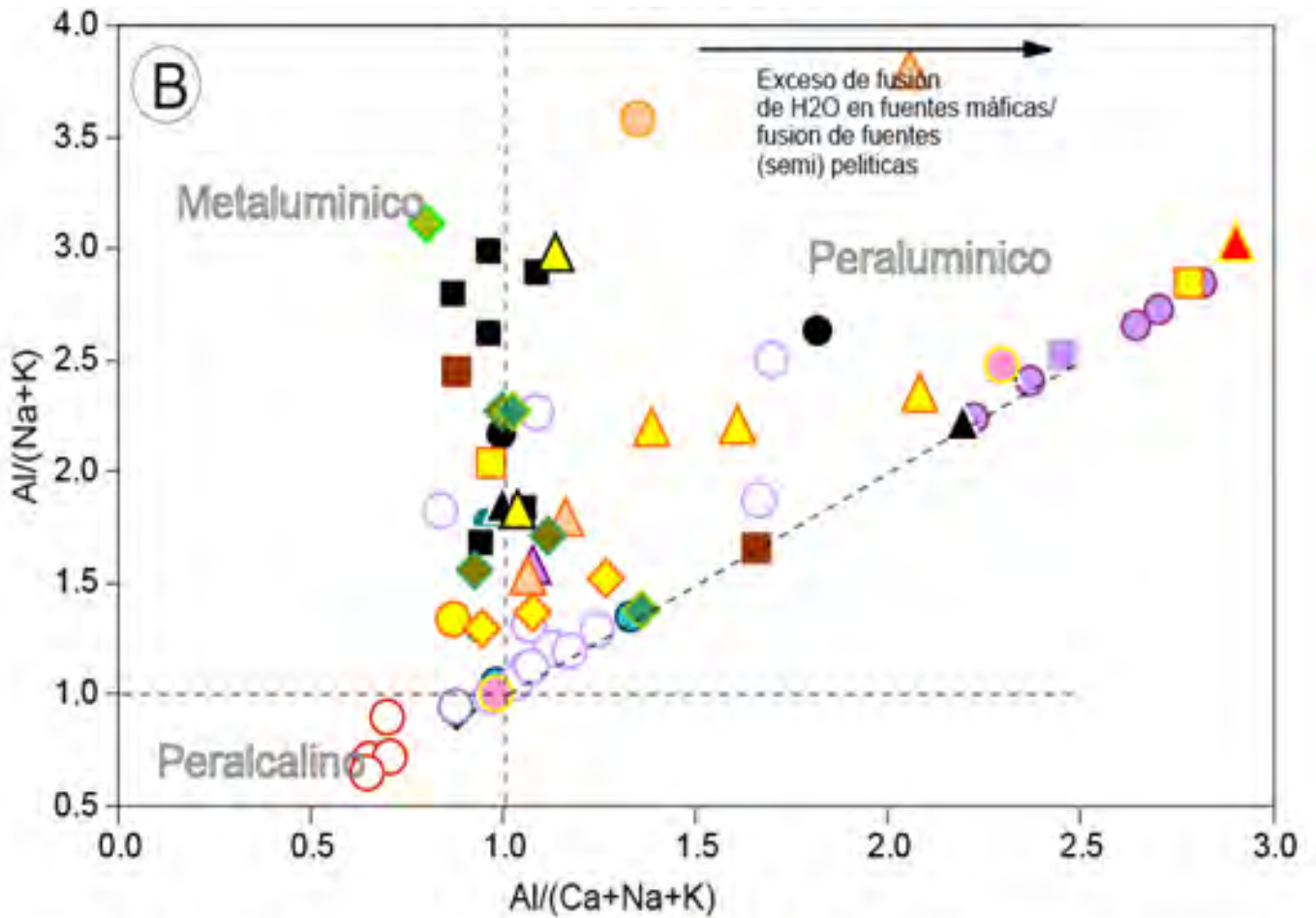


Figura 4. Diagrama de discriminación de las series metalumínica, peralumínica, y peralcalina de rocas de la zona de estudio en base al diagrama de Shand (1927); mismos símbolos que en la Figura 2.

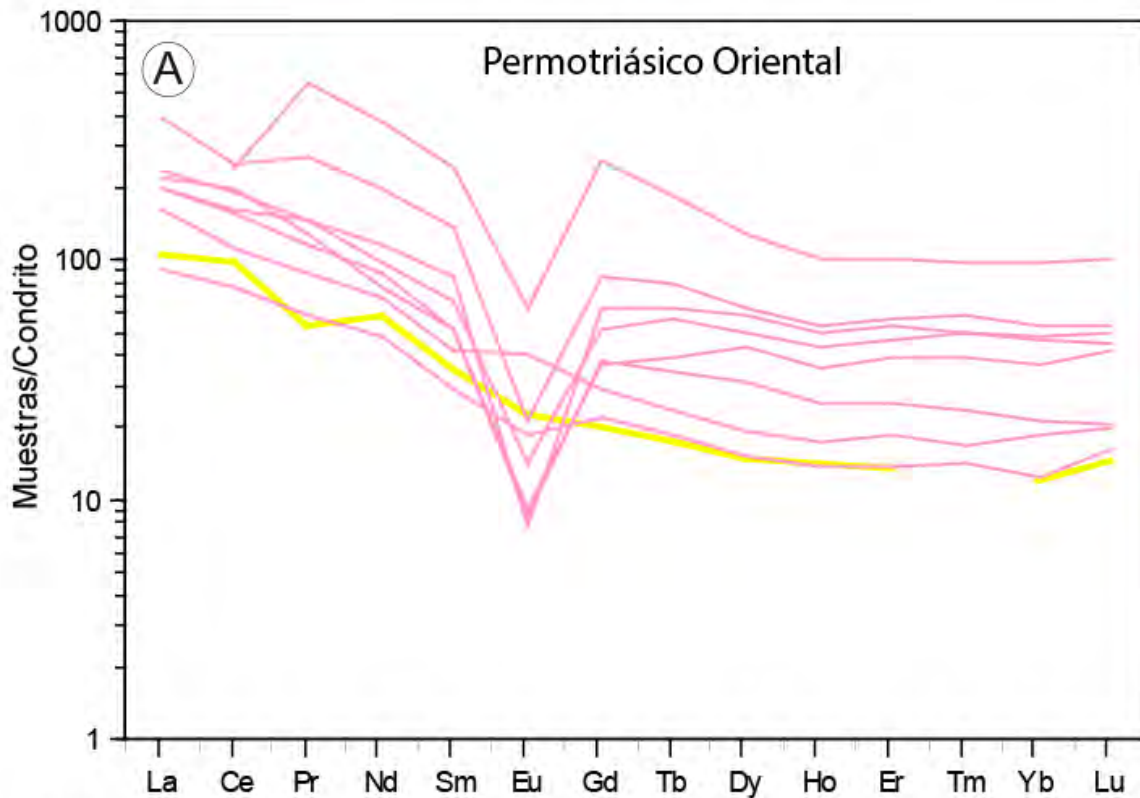


Figura 5. Diagrama de tierras raras, con concentraciones normalizadas al condrito (meteoritos pétreos), para rocas permo-triásicas de la Cordillera Oriental, en donde se observan sus valores anómalos. La línea amarilla indica los valores promedios de la corteza.

Las rocas carboníferas muestran una tendencia alcalina. Asimismo, se ha reconocido una serie de rocas peralcalinas, que se ubican en el extremo superior del diagrama de la Figura 2. Las rocas oligocenas son principalmente calcoalcalinas, lo mismo que algunas rocas eocenas y miocenas. Algunos diques aparentemente paleocenos plotean en el campo toleítico. Asimismo, algunas lavas dacíticas y cuerpos andesíticos del Eoceno y Mioceno muestran una tendencia toleítica.

Las lavas y cuerpos subvolcánicos cenozoicos son calcoalcalinos; sin embargo, ciertas lavas y cuerpos subvolcánicos muestran una tendencia alcalina.

En base al diagrama de R1 vs. R2 (Fig. 3) de De La Roche et al. (1980), se determina que en la zona de estudio casi todos las intrusiones permo-triásicas tienen una composición de granitos, sienogranitos, y monzodioritas; en cambio, las lavas permo-triásicas son riolíticas. Las rocas carboníferas son granodioríticas. Las rocas peralcalinas caen en el campo de las sienitas. Sin embargo, debemos considerar que la aplicación de este gráfico es complicado debido a la dificultad de definir los parámetros R1 y R2 del diagrama, sobre todo en zonas donde la alteración ha afectado en alguna medida a las muestras, debido a las condiciones climáticas propias a la zona.

Las rocas intrusivas oligocenas son andesitas y andesitas basálticas. Las rocas intrusivas eocenas y miocenas plotean en el campo de las dacitas, andesitas, y riolitas (relacionadas con las ignimbritas de esta edad). Algunos diques resultan ser andesitas basálticas. Los cuerpos subvolcánicos y lavas cenozoicas son andesitas; mientras que las lavas miocenas y pliocenas son andesitas basálticas.

Asimismo, en base al diagrama de índice de saturación de alúmina de Shand (1927), se ha determinado que los intrusivos permo-triásicos son peraluminosos y peralcalinos, destacando el grupo de rocas peralcalinas (Fig. 4). Las lavas permo-triásicas son más peraluminosas, al igual que las carboníferas.

Las rocas volcánicas eocenas, oligocenas, y miocenas se encuentran entre la interface entre dominios metaluminoso y peraluminoso, excepto algunas lavas que presentan una composición peraluminosa probablemente por alteración hidrotermal.

Las lavas y cuerpos subvolcánicos del Cenozoico, incluyendo al Plioceno, plotean todas en el límite entre dominios metaluminoso y peraluminoso.

5. Conclusiones

En base a los resultados analíticos y su aplicación en diagramas geoquímicos, se concluye que las rocas intrusivas permo-triásicas son generalmente alcalinas, o presentan tendencia alcalina, mientras que sus contrapartes volcánicas son más toleíticas. Las rocas carboníferas tienen una tendencia alcalina.

Las rocas magmáticas del Eoceno, Oligoceno, y Mioceno

son calcoalcalinas; los cuerpos subvolcánicos y lavas del Cenozoico también son calcoalcalinos.

Los índices de saturación de alúmina varían temporalmente. Los intrusivos permo-triásicos son peraluminosos y peralcalinos, destacando este último grupo de rocas peralcalinas. Las rocas carboníferas son peraluminosas. Las rocas del Eoceno, Oligoceno, y Mioceno varían entre metaluminosas y peraluminosas.

En base a estos resultados se da a conocer cuerpos intrusivos de composición peralcalinas en la Cordillera Oriental del Perú central, y dónde existen zonas con concentraciones anómalas de REE (Tabla 1; Fig. 5). Por tanto, existen zonas de alto potencial geológico para encontrar un depósito mineral en tierras raras en el centro del Perú, como por ejemplo en las zonas de Pampa Hermosa y Calabaza en Satipo (Fig. 1) con valores de 0.13 % a 0.12 % de TREO (total de óxidos de Tierras Raras).

Agradecimientos

Agradecemos a la Dra. Mirian Mamani por sus sugerencias en algunos aspectos sobre geoquímica y litogeoquímica de este estudio, y al Directorio del INGEMMET y su Dirección de Recursos Minerales y Energéticos por el apoyo brindado en la elaboración del presente trabajo.

Referencias

- Chirif, H. 2011. El Perú cuenta con enorme potencial exploratorio en Tierras Raras. *Revista Energiminas*.
- De La Roche, H., Leterrier, J., Grand-Claude, P., Marchal, M. 1980. A classification of volcanic and plutonic rocks using R1-R2 diagrams and major element analyses — Its relationships and current nomenclature. *Chemical Geology*, v. 29, p. 183-210.
- Le Bas, M., Le Maitre, R., Streckeisen, A., Zanettin, B. 1986. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology*, v. 27, p. 745-750.
- Le Maitre, R.W. 1989. A classification of igneous rocks and glossary of terms. Blackwell, Oxford, 193 p.
- Samson, I.M., Wood, S.A. 2005. The rare earth elements: Behaviour in hydrothermal fluids and concentration in hydrothermal mineral deposits, exclusive of alkaline settings. In: R.L. Linnen & I.M. Samson (eds.), *Rare element geochemistry and mineral deposits*. Geological Association of Canada, Short Course Notes, v. 17, p. 269-297.
- Shand, S. 1927. *The eruptive rocks*. Thomas Murby & Co., Londres, 360 p.
- Únger, T. 2009. Unos minerales muy necesarios. *Diario El Comercio*, Lima, 17 noviembre de 2009.
- Winter, J.D. 2001. *Principles of igneous and metamorphic petrology*. Prentice Hall, New Jersey, USA, 699 p.