

## **Análisis preliminar de tierras raras en el conocimiento de la metalogénia del uranio en el granito de San Ramón-La Merced, Junín**

Jacinto Valencia\*

Dirección de Servicios, Instituto Peruano de Energía Nuclear, Av. Canadá 1470, Lima 41, Perú

### **Resumen**

El estudio muestra la petrogénesis del granito de San Ramón mediante la interpretación de los Elementos de Tierras Raras (ETR) analizadas desde la concepción metalogénica de la presencia de uranio. Los resultados indican preliminarmente que el intrusivo se ha originado de un magma muy diferenciado de origen cortical de composición alcalina per-aluminosa; constituyendo la anomalía negativa de Europio (Eu), elemento que confirma el origen cortical del granito; en consecuencia, la mineralización de uranio representada por la torbernita, procede de una fuente de composición alcalina per-aluminosa. Los ETR permiten establecer la relación genética con el granito, éste se emplazó en los estadios póstomos del magmatismo, mientras que el uranio se ha originado a partir de la misma roca granítica por hidrotermalismo incipiente. El mayor fraccionamiento de los ETR en el diagrama se presenta en la muestra SR-1.1 y está en relación con el contenido de Th y U del granito de facie roja.

### **Preliminary analysis of rare earth in knowledge of uranium metallogeny in the granite from San Ramón-La Merced, Junín**

#### **Abstract**

The study shows the petrogenesis of San Ramón granite by the interpretation of Rare Earth Elements (REE) analyzed from the metallogenic understanding of the presence of uranium. The preliminary results indicate that the intrusives has originated from a very distinct crustal magma source of per-aluminous alkaline composition; constituting the negative anomaly of Europium (Eu) element confirming the cortical origin of granite; accordingly, uranium mineralization represented by torbernite, from a source of per-aluminous alkaline composition. The REE help to establish a genetic relationship with granite, which was placed in the late stages of magmatism, while uranium has originated from the same granite by hydrothermal incipient process. SR-1.1 sample presents the largest partition of REE in the diagram and is related to the Th and U amounts in facie red granite.

#### **1. Introducción**

La composición química y mineralógica primaria de las rocas, así como el medio de formación controlan el contenido y distribución de los elementos de tierras raras (ETR). El conocimiento de la concentración de estos elementos en las formaciones geológicas constituye una herramienta, como en el presente estudio, que junto a las características de las rocas graníticas permiten inferir dónde se inició la historia y evolución que ha seguido una unidad rocosa intrusiva. Sin embargo, el comportamiento de los ETR se hace más complicado en las rocas silíceas, y dentro de ellas los granitos, donde los minerales accesorios presentes, tales como, apatito, circón, monacita y allanita, tienen coeficientes muy altos de distribución de tierras raras, concentrándose en ellos y produciendo en general una fuerte influencia en los patrones de tierras raras [1]. Estos

elementos no son muy solubles ni móviles en soluciones acuosas, como por ejemplo durante los eventos metamórficos, pero si registran procesos que no pueden ser observados por los elementos mayores.

Debido al alto potencial iónico (carga/radio) los ETR, el Th y el  $U^{4+}$ , tienden a ser insolubles en fluidos acuosos, no se movilizan durante el metamorfismo o la meteorización. El radio iónico define su comportamiento en los materiales geológicos y los hace “elementos incompatibles”. Así, los ETR pesadas, sustituyen al aluminio en la estructura cristalina del granate y el  $Eu^{2+}$  sustituye al  $Ca^{2+}$  en la plagioclasa. En geoquímica se establece que los elementos de gran radio iónico denominados (LILE) K, Rb, Sr, Ba, U, Pb, Cs, Th; los elementos con alta carga denominados (HFSE), Zr, Hf, Ti, Nb,

---

\* Correspondencia autor: [jvalencia@ipen.gob.pe](mailto:jvalencia@ipen.gob.pe)

Ta y los ETR, presentan generalmente un comportamiento incompatible [2].

Como consecuencia de este comportamiento geoquímico, los LILE, HFSE y ETR son extremadamente sensibles en los procesos petrogenéticos y la génesis de magmas, mientras que los elementos compatibles son útiles para comprender los procesos de cristalización fraccionada.

## 2. Metodología, fundamentos

El estudio se basa en el análisis de ETR de muestras georeferenciadas del granito de San Ramón ubicado en la provincia de San Ramón, La Merced, Región Junín. Con los resultados de los análisis se ha elaborado un diagrama de ETR versus sus concentraciones y se ha utilizado de base para efectuar la interpretación, habiéndose previamente normalizado los resultados químicos a las condritas (que son meteoritos no-metálicos) que no han sufrido procesos de diferenciación [3]. Se considera que los diversos tipos de rocas, ígneas, sedimentarias y metamórficas presentan de pequeñas a significativas diferencias geoquímicas las que tienen implicancia en los procesos petrológicos que llevan al fraccionamiento de los ETR y que es utilizado en geoquímica para investigar la génesis de rocas (tipo de magma) para conocer el proceso que las originan [4].

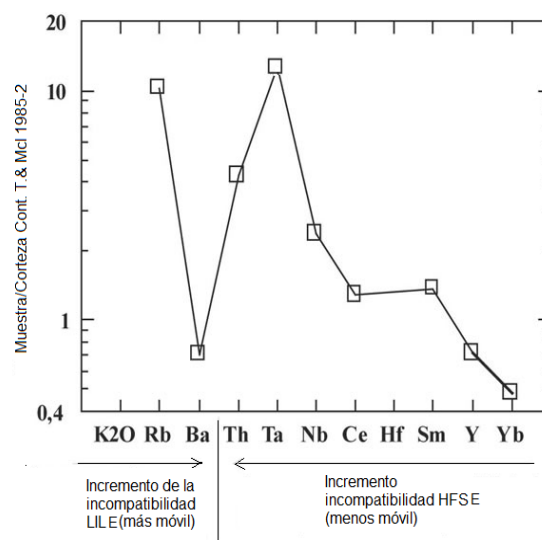
La normalización de los resultados de los análisis de ETR a las condritas muestra con relativa claridad su comportamiento y facilidad para postular los procesos seguidos durante la génesis del granito de San Ramón y la presencia de uranio.

El estudio comprende los resultados de 10 muestras de granito de San Ramón y una muestra de uranio (torbernita), mineral formado en el mismo granito. Del total de muestras, 9 ETR han sido analizadas por la técnica de Análisis por Activación Neutrónica (AAN) (Tabla 1), para la interpretación de los resultados previamente se les ha normalizado a las condritas de acuerdo con los valores estándares de M&S de 1995 [5] (Tabla 1).

En el diagrama de la Figura 1 se muestra el perfil de los elementos LILE, HFSE, mostrando su incompatibilidad inversa. Igualmente, estos han sido normalizados a la corteza continental.

## 3. Resultados, discusión

Las variaciones en los contenidos de los ETR respecto a la roca original, están dados por el fraccionamiento que se ha producido en el magma granítico dando lugar al enriquecimiento en los ETR y se registran muy posiblemente como consecuencia de una incipiente póstuma alteración del tipo hidrotermal ocurrida inmediatamente después del emplazamiento del cuerpo granítico [6].



**Figura 1.** Granito normalizado a la corteza continental de Taylor y McLennan (1985), mostrando la incompatibilidad inversa de los elementos LILE y HFSE.

El diseño del diagrama resultado de la repartición de los ETR en el granito se muestran en el diagrama de la Figura 2, es fundamental para la definición del modelo genético al que obedece la ocurrencia de uranio asociada al granito de San Ramón.

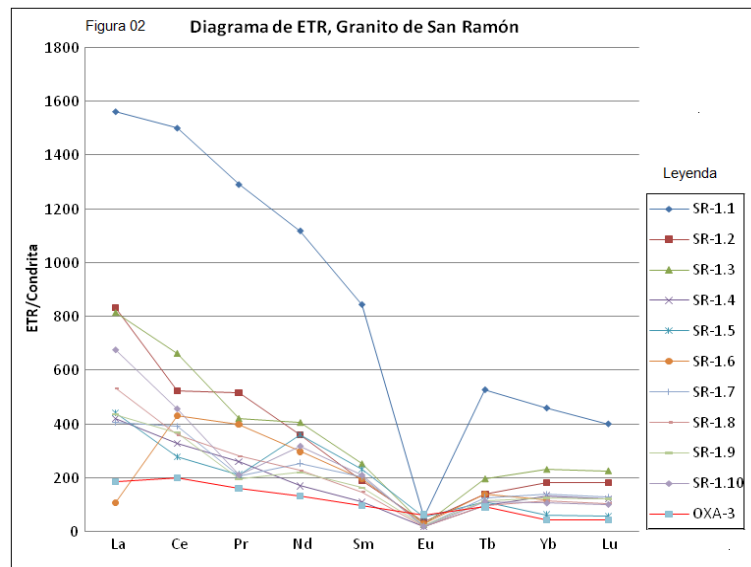
Los resultados obtenidos preliminarmente respecto al contenido de ETR del granito de San Ramón muestran en general un perfil típico de rocas graníticas. Así los ETR ligeras

(La, Ce, Pr, Nd, Sm) presentan valores enriquecidos en La 370 ppm y Ce 920 ppm, con una pendiente moderada de 60° mostrando un carácter de mayor incompatibilidad que los ETR pesadas de menor pendiente, características que son propias de un magma muy diferenciado de origen cortical y de composición alcalina per-aluminosa [7].

**Tabla 1.** Análisis químicos de Elementos de Tierras Raras (Granito de San Ramón).

E/m	SR-1.1	SR-1.2	SR-1.3	SR-1.4	SR-1.5	SR-1.6	SR-1.7	SR-1.8	SR-1.9	SR-1.10	*OXA-3	**Condrita
C. UTM (WGS84)	N8°772423 E463865	N8°772424 E463884	N8°772528 E463930	N772403 E464098	N8°772433 E464123	N8°773510 E464052	N8°774889 E464514	N8°774889 E464514	N8°774889 E464514	N8°775041 E464914	N8°839514 E451856	
La	370	197	193	99	104	25.1	95.8	126	103	160	43.89	0.237
Ce	920	320	406	200	170	264	240	220	225	280	122.2	0.613
Pr	120	48	39	24	ND	37	19	26	18	ND	14.8	0.093
Nd	511	164	185	77	164	136	116	103	100	145	60.25	0.457
Sm	125	28	37	16	34	29	30.1	21.5	24	31	14.1	0.148
Eu	3	2	1.3	1	3	1.6	1.16	1	1.1	1	3.47	0.056
Tb	19	5	7	3.5	4	5	4.5	3.4	4	4	3.27	0.036
Yb	74	29	37	21.4	10	19	22.1	18	20	17	6.87	0.161
Lu	10	4.5	5.6	3	1.4	3	3.2	2.6	3	2.5	1.07	0.025
U	280	124	111	51	127	21	11	12	14.5	20	1120	-
Th	2170	1950	594	66	10	83	87	105	125	100	1	-

(\*) Muestra de mineral torbernita (\*\*) Valores de normalización de M&S, 1995.



**Figura 2.** Diagrama de ETR del granito de San Ramón.

En el mismo perfil, respecto a la pronunciada anomalía negativa de Eu, podemos señalar que es debido a que previo a alcanzar el magma una composición granítica en su estado inicial en la fase líquida mantuvo un

equilibrio con minerales petrogenéticos formadores de roca que contienen mayoritariamente plagioclasas que hace que se produzca la sustitución de  $\text{Ca}^{2+}$  por  $\text{Eu}^{2+}$ , (por reducción de  $\text{Eu}^{3+}$  a  $\text{Eu}^{2+}$ ) donde el

líquido magmático estuvo en equilibrio con la plagioclasa, ésta pérdida inicial de Eu se manifiesta en anomalía negativa en el granito e indica su formación posterior en el proceso de la diferenciación, reflejado en el pobre contenido de Eu, tanto en el granito como en el propio mineral de uranio.

En cuanto a los análisis de ETR pesadas (Eu, Tb, Yb, Lu.) están en contenidos de 1 a 74 ppm, en el diagrama presentan una pendiente casi horizontal. Solo una muestra del granito SR-1.1 presenta el mayor fraccionamiento y está relacionada con los altos valores de Th y U contenidos en el granito, esto confirma que el granito de San Ramón es un intrusivo muy evolucionado en cuanto a diferenciación magmática.

Se establece así una relación genética del uranio con el granito y que este se formó en los estadios póstumos del magmatismo y aquel a partir de un hidrotermalismo inicial que dio origen a la formación del uranio en el propio granito de San Ramón asociada a la facie de granito rojo.

#### 4. Conclusiones

La petrogénesis del granito de San Ramón por los ETR analizados en el presente estudio indican preliminarmente que se ha originado de un magma muy diferenciado de origen cortical de composición alcalina per-aluminosa. La anomalía negativa de Eu en todas las muestras incluida la torbernita, confirma este origen.

Los ETR han permitido establecer una relación genética del uranio con el granito, este se emplazó en los estadios póstumos del magmatismo, mientras que el uranio se ha originado en la misma roca granítica por

hidrotermalismo incipiente, relacionado a su facie de granito rojo.

#### 5. Referencias

- [1] Depósitos de greisen asociados a granitos carbóníferos post orogénicos con potencial mineralizador, Sierra de Fiambalá, Catamarca, Argentina. Por: A.S. Fogliata, N. Rubinstein, J.C Avila. Bol. Geológico y Minero 509-524, 2009.
- [2] Geoquímica de elementos mayores y traza de rocas ígneas asociadas a la mineralización de Ni-Cu-EGP. R.Peña, R.Lunar, F.Gervilla, L.Ortega. XXVI Reunión (SEM)/XX Reunión (SEA) 2006, España.
- [3] Goldschmidt, V.M. 1937. The principles of distribution of chemical elements in minerals and rocks. J. Chem. Soc. 655-672.
- [4] C. J. Allegre et G. Michard 1973, Introduction a la géochimie. Presses Universitaires de France.
- [5] Randy L. Koretev. 1995, Rare Earth Plots” and the concentrations of Rare Earth Elements (REE) in Chondritic Meteorites.
- [6] Mantilla Figueroa, L. C.; Mesa, A. Estudio geoquímico de Elementos de Tierras Raras (REE) en las fluoritas de las minas palestina (Municipio de Cepitá) y el Llanito (Municipio de los Santos) en el departamento de Santander: aporte al conocimiento del modelo genético. Boletín de Geología Vol. 24, No. 39, Enero-Junio de 2002. Escuela de Geología Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga. A. A. 678, Colombia.
- [7] Zhao Zhenhua, Xiong Xiaolin, Controls on the REE tetrad effect in granites: Evidence from the Qianlishan and Baerzhe Granites, China. Geochemical Journal. 2002; 36: 527-543.