

OBTENCIÓN DE MONACITA (Tierras raras) POR CONCENTRACIÓN GRAVITACIONAL CENTRÍFUGA DE DEPÓSITOS ALUVIONALES. SU SEGUIMIENTO POR FRX

E. Perino¹, J. Gásquez¹, E. Marchevsky¹, R. J. Ferretti²

¹Química Analítica (Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia)

²Procesos de Producción (Facultad Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales)

Universidad Nacional de San Luis,

Chacabuco y Pedernera, 5700 San Luis, Argentina.

Email: eperino@unsl.edu.ar

ABSTRACT

The purpose of the paper is to develop a contribution to the knowledge of concentration techniques, applied to the exploitation of alluvial auriferous-monacitic deposits found in the province of San Luis (Argentina). Though the mentioned deposits are gold exploited only, the presence of other minerals, of economic value generates particular interest. Thus, productivity and rentability at the exploitation of such deposits is reached.

Evolution of concentration and recovery of the rare earth mineral has been made by means of X-ray fluorescence (XRF), applying modern analytical methodologies (pulverized and pelletized solid samples). The analytical quantitative determinations of Ce and La (REE) have allowed the knowledge of mineral recovery at the several fractions of the tail. Besides, the latter has allowed to set up the optimal conditions for the centrifugal gravitational concentrators (CGC) in order to gain the improvement at recovery of rare earth minerals.

Laboratory studies were performed at pilot scale, showing satisfactory results.

RESUMEN

El presente trabajo pretende realizar una contribución al conocimiento de técnicas de concentración, aplicadas a la explotación de los yacimientos aluvionales auríferos - monacíticos con que cuenta la provincia de San Luis (Argentina). Si bien los mencionados yacimientos son, solamente, explotados por oro, la presencia de otros minerales de interés económico, como monacita (tierras raras), observados en las colas después de la obtención del metal precioso, generan un interés particular en la recuperación de este

mineral. De este modo, se logran mejorar los rendimientos y/o rentabilidad en la explotación de yacimientos de este tipo.

El seguimiento de la evolución de la concentración y recuperación del mineral de tierras raras se ha realizado con la técnica de fluorescencia de rayos X (FRX), mediante la aplicación de metodologías analíticas modernas (muestras sólidas pulverizadas y pelletizadas). La determinación cuantitativa de Ce y La ha permitido conocer la variación en la recuperación de los minerales en las distintas fracciones de las colas. Asimismo, el análisis racional de los resultados analíticos obtenidos ha permitido valorar las condiciones óptimas de las variables de los concentradores gravitacionales centrífugos (CGC), promoviendo el mejoramiento de la recuperación de los minerales de tierras raras.

Los estudios de laboratorio se llevaron a escala de planta piloto, lográndose resultados satisfactorios.

INTRODUCCIÓN

Los objetivos generales del presente trabajo, teniendo en cuenta el aprovechamiento integral de los yacimientos aluvionales, son:

- a) Lograr una mejor rentabilidad en la explotación de los yacimientos, dado que los mismos podrían explotarse en forma integral y no sólo por el metal oro.
- b) Lograr un aumento de las potenciales reservas metalíferas con que cuenta en la actualidad la Provincia.

Como objetivo específico se procura realizar un aporte de datos y sugerencias que permitan un mejor entendimiento y uso de las metodologías empleadas, tales como concentración gravitacional centrífuga y separación magnética.

La Provincia de San Luis (Argentina) posee una serie de yacimientos aluvionales auríferos-monacíticos, fundamentalmente, en la zona ubicada entre las localidades de Carolina y El Trapiche (Angelelli V. y col., 1965). Entre los minerales que se encuentran en los citados yacimientos (cuyas reservas son considerables) se destacan: Oro, Monacita, Magnetita, Granate, Circón, etc. (Angelelli V., 1984).

En todo estudio de factibilidad se debe contemplar el balance costo-beneficio de acuerdo a las condiciones particulares de cada operación, el material y ley que se esté tratando. Para ello, se ha de considerar, dentro de un sistema convencional de recuperación por gravedad, la utilización de diversos aparatos de última generación que contribuirán, finalmente, a un mejor aprovechamiento del proceso recuperatorio. La experiencia ha demostrado, por ejemplo, que la línea de concentradores gravimétricos Knelson puede incrementar la producción en minas existentes hasta un 30 %; prolongar la vida económica activa de minas en operación y ayudar a proyectos marginales, factibles de convertirse en rentables (Knelson, B. V, 1990).

PARTE EXPERIMENTAL

De acuerdo a ensayos previos y a la característica de los minerales que componen el aluvión, los métodos: concentración gravitacional centrífuga y concentración magnética son los indicados para ser evaluados en este trabajo.

Concentración Gravitacional Centrífuga

El tratamiento del material aluvional en la planta de procesamiento (Parrilla fija - Tromel - Knelson 1 y 2) da como resultado un preconcentrado de minerales pesados que poseen interés económico, y que hasta la actualidad sólo ha sido explotado por oro. Se toma como muestra de partida, en esta investigación, el preconcentrado obtenido en planta para la recuperación de la monacita.

La muestra fue tamizada a # 10 (1,65 mm) y se trató el material retenido en un Concentrador Knelson de 3" estándar de laboratorio. El material de alimentación se inyectó como pulpa (40 % de sólidos y 60 % de agua), manualmente a una presión de 12 psi. La presión utilizada se eligió en base a datos bibliográficos que demuestran una excelente recuperación para minerales pesados. Una vez que fue tratada, se extrajo el concentrado y cola, para ser secado en estufa eléctrica.

Posteriormente, se analizó el concentrado bajo lupa binocular y se observó una gran dispersión de los distintos granos de minerales, es decir, minerales finos pesados con gruesos livianos. Por lo tanto, para mejorar los resultados de la concentración, se procedió a una separación por tamaños.

La muestra representativa proveniente del concentrador Knelson se sometió a una operación de separación por tamaños utilizando los tamices 8#, 14#, 20#, 35#, 50# y fondo. Se identificaron las especies mineralógicas presentes en cada una de las fracciones granulométricas por conteo de granos. El reconocimiento de la monacita se realizó mediante la técnica sugerida por Gleason S. (1972). La misma consiste en exponer los concentrados bajo la lámpara de rayos UV, donde la monacita pasa de color amarillo miel a verde esmeralda. La lámpara debe utilizarse sin filtro y el color observado no es una verdadera fluorescencia. Los resultados se exhiben en la Tabla I.

Contenidos de Ce y La

Para las determinaciones de dos de los elementos mayoritarios, y que a su vez pueden considerarse representativos de las tierras raras (cerio y lantano) en este mineral, se utilizó como técnica determinativa la fluorescencia por rayos X.

Se aplicó la metodología de análisis desarrollada para estos propósitos, haciendo uso de un molde pastillero (Perino E. y col., 1998; Perino E., 1998) que permite trabajar con pequeñas cantidades de muestra. La misma consiste en utilizar 150 mg de muestra sólida pulverizada, soportada sobre una pastilla de ácido bórico, posteriormente pelletizada y se comparó contra curvas de calibrado de patrones construidos para tal fin.

La preparación de las muestras se realizó mediante el uso del molde pastillero que consiste en un cilindro, un pistón y dos bases; una plana y la otra con una protuberancia que se encarga de generar una depresión en la pastilla soporte, donde se cargará la muestra.

Las dimensiones del molde resultan ser adecuadas para el equipo utilizado y son descriptas en el trabajo de referencia. El espesor obtenido, para las muestras soportadas, se ha experimentado y comprobado que se encuentra dentro de los límites de espesor infinito (espesor de la muestra a partir del cual la intensidad de la radiación secundaria o fluorescente no sufre incrementos con el aumento de dicho espesor) (Perino E., 1998). Esta metodología se ensayó con excelentes

resultados sobre otras matrices minerales (feldespatos potásicos y muscovitas) (Perino E. y col., 1994).

Los patrones utilizados para construir la curva de calibrado se prepararon a partir britholita pura de composición conocida por dilución con cuarzo de alta pureza (99,99%) (Gásquez J. A. y col., 1990). La composición del mineral de referencia se conoce a través de análisis llevado a cabo en nuestro laboratorio utilizando un procedimiento que reúne la preconcentración y separación por intercambio iónico, con la posterior determinación por FRX (Gásquez et. al., 1995). También fue realizado en muestras alícuotas en otros laboratorios, siguiendo metodologías de intercambio iónico asociado a ICP-AES.

En la Tabla II, se muestran los resultados de los análisis correspondientes a Ce y La de cada una de las fracciones obtenidas en la separación por tamaños.

Posteriormente, se procesaron las muestras correspondientes a # 50 y fondo en el Concentrador Knelson de 3", individualmente. Se optó por las fracciones mencionadas, ya que las mismas poseen mayor porcentaje de granate, magnetita, y en estos tamaño se encuentra en mayor proporción el mineral monacita.

Las condiciones operativas fueron similares al caso anterior, es decir, el material fino fue introducido manualmente en forma de pulpa. Se debió variar la presión de agua a 6 psi, por tratarse de minerales finos. Se lograron concentrados de 100-150 g. cada uno.

La presión de agua (Roberts S., 1990), variable operacional que influye de manera fundamental en la recuperación de minerales pesados, se identificó testeando el material a cuatro presiones diferentes: 3, 5, 7 y 10 psi. Se obtuvieron concentrados con altos porcentajes de minerales pesados a una presión de 7 psi.

Concentración Magnética

Esta etapa del trabajo se realizó con el Separador Isodinámico Frantz (Rudolph C. G., 1966). Se tomó como punto de partida el material concentrado proveniente de la etapa anterior de las fracciones # 50 y fondo, tratándose conjuntamente. Del trabajo realizado en el separador Frantz se deduce que se puede separar en primer lugar todo el material fuertemente magnético (mayoría magnetita), y luego, determinar las pendientes de trabajo del equipo para separar los minerales que decrecen en su magnetismo.

El material magnético es separado, recubriendo los polos del electroimán con un nylon e invirtiendo

la posición del equipo, de manera tal, que éstos quedan apuntando hacia abajo. Se colocó una bandeja plástica, con el contenido de la muestra debajo de los polos y se puso en marcha el separador, con lo que se elimina la magnetita. La muestra libre de materiales fuertemente magnéticos, se procesa en posiciones normales de trabajo (no invertido) a distintas intensidades de corriente. Las condiciones operacionales de pendientes de trabajo (horizontal 15° y vertical 37°) se lograron experimentalmente y se utilizaron como constantes para las siguientes etapas de la separación. En cada una de las variaciones de la intensidad de campo se extrae la muestra correspondiente a concentrado y cola.

En la Tabla III se exhiben los resultados de los porcentajes en pesos obtenidos en función de las intensidades de corriente (A) aplicadas.

Las fracciones obtenidas a distintos amperajes fueron caracterizadas mineralógicamente, bajo lupa binocular y de acuerdo a la técnica antes mencionada, con resultados que se muestran en la Tabla IV.

A los fines de realizar las determinaciones analíticas por FRX sobre los concentrados obtenidos se agruparon las fracciones en 6 muestras como a continuación se detalla:

Muestra 1 = fracción magnética hasta 0,2 A.

Muestra 2 = fracción magnética 0,2 - 0,6 A.

Muestra 3 = fracción magnética 0,6 - 1,3 A.

Muestra 4 = fracción magnética 1,3 - 1,6 A.

Muestra 5 = fracción magnética 1,6 - 2,4 A.

Muestra 6 = fracción magnética 2,4 - 2,8 A.

Los resultados analíticos de cerio y lantano de las muestras agrupadas a distintos amperajes aplicados en la separación, se presentan en la Tabla V.

A los efectos de visualizar la relación de concentración alcanzada a través de los distintos mecanismos aplicados sobre el aluvión, se detallan los siguientes valores de los contenidos de Ce y La en las muestras originales y finales, los que se observan en la Tabla VI.

De los datos presentados en la Tabla VI se puede observar, claramente, que la concentración alcanzada luego de procesar el aluvión mediante la aplicación de la concentración gravitacional centrífuga de "alta densidad" (denominación que puede darse a esta técnica, en razón de que aumenta en el orden de 60 veces el peso aparente del mineral) y la posterior concentración magnética arrojan resultados ampliamente

satisfactorios, dando una relación de concentración del orden de 950 veces.

CONSIDERACIONES GENERALES

De la presente investigación se desprenden las siguientes consideraciones:

- Se puede lograr una buena recuperación de los minerales del aluvión en modo integral.
- El uso de la concentración gravitacional centrífuga permite la obtención de un concentrado de

minerales pesados, algunos de los cuales poseen valor económico.

- Por técnicas complementarias (tal como la concentración magnética) se pueden separar minerales de interés económico.
- En síntesis, la aplicación de esta metodología permite mejorar, sustancialmente, la recuperación de los minerales, y por ende incrementar las reservas mineralíferas que posee actualmente la Pcia de San Luis.

Tabla I. Caracterización mineralógica del material retenido por las mallas N° 4 ; 14; 20; 35; 50 y fondo.

Malla 4	Malla 14	Malla 20	Malla 35	Malla 50	Fondo
Granate	Granate	Granate	Granate	Granate	Granate
Feldespatos	Feldespatos	Feldespatos	Feldespatos	Feldespatos	Feldespatos
Muscovita	Muscovita	Muscovita	Muscovita	Muscovita	Muscovita
Biotita	Biotita	Biotita	Biotita	Biotita	Biotita
Quarzo	Quarzo	Quarzo	Quarzo	Quarzo	Quarzo
Opacos	Opacos	Opacos	Opacos	Opacos	Opacos
----	----	----	----	Sillimanita	Sillimanita
----	----	Anfíboles	Anfíboles	Anfíboles	Anfíboles
Frag. Líticos	Frag. Líticos	Frag. Líticos	Frag. Líticos	Frag. Líticos	----
----	----	----	Monacita	Monacita	Monacita

Tabla II. Contenido de Ce y La en las distintas fracciones.

Muestras	Ret. #	Ret. #	Ret. #	Ret. #	Ret. #	Fondo
Elemento	8	14	20	35	50	
Ce (ppm)	< 100	400	< 100	1800	6000	25300
La (ppm)	< 100	< 100	< 100	688	2600	10900

Tabla III. Porcentajes en peso de las fracciones 50# y fondo en función de la intensidad de corriente aplicada.

Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
% en Peso	47,1	16,6	10,1	3	2,5	0,5	2,5	1,6	1,5	0,4	0,3	0,1	13,8
Intens.. de Corrie. (A)	Mag net	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,3	1,6	1,8	2,2	2,4	2,6	2,8

Tabla IV. Caracterización mineralógica y abundancia en cada una de las fracciones a distintos amperajes.

Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Mineral													
Magnetita	++++	+++											
Granate			++	+++	+	+	+	+	+	+	+		
Biotita		+	+	++	++	+	+++	+++	++	+	+	+	+
Muscovita					+	+	++	+	++	++	++	+	+
Piriboles			+	+	+	+	+						
Circón				+		+	+		+	+			++
Monacita		+	+		++	++	+++	++++	++	+	+		+
Opacos		++	+	+			+		+	+			
Frag. Líticos		+	+			+	+	+	+	+	+	++	+
Cuarzo		+	+		+	+	+	++		+	++	++	+++
Feldes-patos											+	+	+

Referencias: + escaso; ++ poco abundante; +++ abundante; ++++ muy abundante.

Tabla V. Contenido de Ce y La en ppm de las 6 fracciones magneticas agrupadas.

Muestra	1	2	3	4	5	6
Elemento						
Ce (ppm)	850	Vestigios	170870	205000	89550	1900
La (ppm)	500	Vestigios	80320	101530	41990	590

Tabla VI. Valores de Ce y La (ppm) en el aluvión y luego de concentradas (valores medios de veinte muestras diferentes, para el caso del aluvión y seis, para el caso de las muestras concentradas).

Muestra	Originales del aluvión	Concentradas por método propuesto
Elemento		
Ce (ppm)	210 (\pm 16)	205000 (\pm 9800)
La (ppm)	125 (\pm 7)	101500 (\pm 5500)

REFERENCIAS

- Angelelli V. y Chaar E., "Contribución al conocimiento del aluvión de Rio Tercero. Córdoba. Su investigación por monacita y otros minerales densos". Comisión Nacional de Energía Atómica. Informe N° 139, Bs. As., 1965.
- Angelelli V., "Yacimientos metalíferos de la Rep. Argentina". Vol I y II. Comisión de Investigaciones Científicas de la Pcia. De Bs. As., La Plata., 1984.
- Gásquez J. A. y Olsina R. A., "Determinación rápida de Y y algunos lantánidos en rocas graníticas por FRX". Revista de la Asociación Argentina de Mineralogía, Petrología y Sedimentología, 21 (1/4), pp 71-74, 1990.
- Gásquez J., Perino E., Olsina R., Marchevsky E., "Lanthanides and Ytrium determination in rocks and minerals by X ray fluorescence. Application to the geochemistry exploration of such elements. Anales de la Asociación Química Argentina, Vol. 83 - N° 12, pp 15-22, 1995.
- Gleason S., "Ultraviolet guide to minerals". p. 244. Ultra-Violet Products, Inc. San Gabriel, California., USA., 1972.
- Knelson, B. V., "Development and Economic Application of Knelson Concentrator in Low Grade Alluvial Gold Deposits", The Aus IMM Annual Conference, New Zealand, 1990.

Perino E., Martínez L. D., Gásquez J. A., D'Angelo J., Marchevsky E., "Control e influencia del tamaño de partícula y presiones de compactación en preparaciones de pequeñas cantidades de muestra en polvo pelletizadas, en análisis por FRX". Avances en Análisis por Técnicas de Rayos X, Vol.X., pp. 141-145, Editores: G. Castellanos, J. Riveros, H. Sánchez, G. Stutz y J. Trincavelli. Córdoba, 1998.

Perino E., "Desarrollo de técnicas analíticas por FRX aplicadas a la prospección Geoquímica de Pegmatitas Graníticas". Trabajo de Tesis Doctoral. UNSL., San Luis, Argentina, 1998.

Perino E., Gásquez J., Martínez L. D., Marchevsky E., Olsina R., "Determinación rápida y sencilla de P, K, Ta, Nb, Rb, Sr, Ba, Ga y Cs, en pequeñas cantidades de feldespatos potásicos y muscovitas por FRX". Avances en Análisis por Técnicas de Rayos X, Vol. VIII, pp 107-112, Punta Tralca - Chile, 1994.

Roberts S., Summary regarding the use of a 20" Knelson concentrator in gravity separation process at the Blackdome Mill, Canadá, 1990.

Rudolph C. G., "Notas sobre la operación del separador Isodinámico Frantz". Jornadas de Información sobre beneficio de minerales, San Juan, Rep.Argentina, 1966.