

# Recuperación del cobalto mediante la lixiviación con ácido tartárico de una mena laterítica fuera de balance cubana

A. Ballester-Pérez\*, N. Bruguera-Amaran\*\*, J. Rodríguez-Gamboa\*\*\* y O. Coto-Pérez\*\*\*\*

**Resumen** Mediante la conjugación de los conocimientos acumulados hasta el momento sobre las perspectivas de la biolixiviación en el tratamiento de los minerales lateríticos de baja ley y las principales limitaciones de las tecnologías convencionales de tratamiento de estos minerales, se evalúa el proceso de lixiviación en medio orgánico para la recuperación del cobalto presente en minerales de baja ley en níquel. Ésta, constituye una opción a tener en cuenta para la solución de los principales problemas socioambientales y económicos existentes hoy de forma latente en la industria cubana del níquel. En el trabajo se demuestra que es posible recuperar alrededor del 90 % del cobalto contenido en éstas menas fuera de balance, en cuatro días, mediante la lixiviación con el ácido tartárico. Se determinan los principales parámetros físico-químicos que inciden en dicho proceso. Se evalúan las perspectivas de la lixiviación orgánica en el tratamiento de los minerales fuera de balance generados en la industria cubana del níquel.

**Palabras clave** Cobalto. Ácido tartárico. Mena laterítica.

## The leaching with organic acid as a viable alternative for the rational use of out-of-balance lateritic Cuban ores

**Abstract** With the knowledge accumulated today on the perspectives of the bioleaching in the treatment of the lateritic ores of low law and the main limitations of the conventional technologies for treating these minerals, the leaching process is evaluated with organic acid for the recovery of the cobalt present in minerals of low law in nickel. This is an option to keep in mind for the solution of the main socio-environmental and economic problems in the nickel Cuban industry today. In this work it is demonstrated that it is possible to recover around 90 % of the cobalt contained in the lateritic ores of low law in nickel in four days by means of the leaching with tartaric acid. Also the main physical-chemical parameters that influence this process are determined. The perspectives of the organic leaching in the treatment of out-of-balance minerals generated in the nickel Cuban industry are analysed.

**Keywords** Cobalt. Tartaric acid. Lateritic ores.

### 1. INTRODUCCIÓN

La minería, a través de los siglos, ha formado parte de la historia y del desarrollo económico de muchos países en el mundo. Muy notorios han sido los efectos sociales y ambientales que ha generado ésta industria en detrimento de los diferentes ecosistemas relacionados con la misma.

En la región de Moa, donde se concentran las mayores reservas lateríticas de Cuba y una de las más importantes a nivel mundial, se generan anualmente

cerca de 3 millones de toneladas de minerales de baja ley en níquel o, como también se les conoce, minerales fuera de balance en los procesos extractivos. En el transcurso de los años han generado serios problemas ambientales durante su vertimiento. Hasta el momento, no ha sido posible su concentración por métodos de beneficio ni su tratamiento por las tecnologías existentes. Cualquier concepción tecnológica encaminada al procesamiento racional y con bajos costos de estos minerales supondría múltiples beneficios para ésta industria.

(\*) Dpto. de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica, Facultad de CC. Químicas, UCM.

(\*\*) Delegación Territorial del CITMA, Colón 106, e/ Maceo y Virtudes, Pinar del Río. Cuba.

(\*\*\*) Laboratorio de Hidrometalurgia, Facultad de Metalurgia y Electromecánica, ISM, Moa, Holguín.

(\*\*\*\*) Laboratorio de Biotecnología de los Metales, Facultad de Biología, Universidad de la Habana.

La introducción de nuevas tecnologías con procesos productivos más baratos y selectivos, equipamientos más sencillos y un menor impacto en el medio ha alcanzado, en la última década, una importante prioridad en la metalurgia extractiva de éstos y otros materiales. La biohidrometalurgia ha constituido un punto coincidente en las alternativas valoradas por los diferentes investigadores, especialmente en la solución de los problemas medioambientales generados por las industrias productoras. Ésta, se ha dirigido a la descontaminación de los suelos, el tratamiento de residuos de diversa naturaleza y el procesamiento de minerales fuera de balance.

Un aspecto determinante en el estudio de la efectividad de la biolixiviación, en el tratamiento de menas oxidadas, es establecer previamente el efecto de los ácidos orgánicos en la solubilización de los elementos metálicos<sup>[1]</sup>. La efectividad de la biolixiviación depende de la capacidad de los microorganismos heterótrofos para producir estos metabolitos, que provocan la disolución de los metales por la vía de la formación de los complejos y quelatos<sup>[2]</sup>.

En la evaluación de la lixiviación del níquel y el cobalto presentes en minerales lateríticos de baja ley en Grecia, empleando un hongo y metabolitos ácidos producidos biológicamente<sup>[3 y 4]</sup>, se logró el 72 % de extracción de níquel, empleando solamente los ácidos carboxílicos, y 50 % de cobalto. Al utilizar la técnica en que participaron las cepas *Penicillium sp.* y *Aspergillus sp.*, la solubilización del níquel fue sólo de 55–60 % durante 20 d. Concluyendo que la menor efectividad al utilizar el cultivo estuvo en dependencia de su capacidad para producir los metabolitos ácidos.

De éstas y otras investigaciones<sup>[5]</sup>, se infiere, que aún no se han establecido con claridad las condiciones más adecuadas para lixiviar selectivamente el máximo del cobalto contenido en las lateritas níquelíferas, de manera factible.

El propósito de este trabajo, es evaluar la importancia de la implementación de ésta alternativa hidrometalúrgica en el procesamiento de las lateritas fuera de balance, para la recuperación del cobalto de forma selectiva con el ácido tartárico.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de la investigación se empleó el ácido tartárico ( $C_4H_6O_6$ ) como agente lixivante, a la concentración de 0,25 y 0,5 mol/l.

### 2.1. Caracterización de la materia prima a investigar

La materia prima empleada en el proceso de lixiviación fue una mena laterítica de baja ley en níquel, la cual se seleccionó del yacimiento Punta Gorda, en la región de Moa, Provincia de Holguín.

La muestra de mena, de dos toneladas, fue sometida a una rigurosa homogeneización. La molienda se realizó en un molino de bolas con capacidad de 0,073 m<sup>3</sup>, empleando un tiempo de molienda de 30 min. En la tabla I se muestra la composición química de la mena empleada en la investigación, empleando la técnica de Espectroscopia de Fluorescencia de Rayos X.

Los rangos de variación de los parámetros físico-químicos estudiados se exponen en las figuras mostradas en el análisis de los resultados de la investigación. Cada parámetro se varió a dos niveles,

Tabla I. Composición química de la mena laterítica empleada

Table I. Chemical composition of laterite ore used

Metales	-0,045 + 0,0 mm Contenido, %	-0,09+ 0,045 mm Contenido, %	-0,25 + 0,15 mm Contenido, %	-0,3 +0,25 mm Contenido, %
Ni	0,53	0,50	0,51	0,50
Co	0,065	0,058	0,052	0,050
Fe	42,00	42,00	43,10	42,30
Mn	0,74	0,70	0,72	0,65
Al	10,40	11,10	10,70	10,30
Si	1,80	1,30	1,30	1,40
Cr	1,74	1,72	1,76	1,81

de acuerdo a los valores establecidos en la literatura especializada. La lixiviación se desarrolló en un reactor con capacidad de 6 l. La agitación se llevó a cabo con un agitador mecánico de hélice.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Influencia de la concentración inicial del ácido tartárico

En el análisis del efecto de la concentración del ácido tartárico en la recuperación del cobalto, se realizaron varias pruebas experimentales a las concentraciones de 0,25 y 0,5 mol/l. En la figura 1 se exponen los resultados del experimento.

A los cuatro días de lixiviación se logra extraer el 88 % del cobalto, a la concentración de 0,5 mol/l. A la concentración de 0,25 mol/l se extrajo el 70 %. Posteriormente, a los cuatro días, la lixiviación muestra una inestable fluctuación en la extracción de cobalto, a ambas concentraciones del ácido, sin llegar a superar el porcentaje máximo de extracción obtenido en los primeros cuatro días. Se comprobó la precipitación de sales aluminio en el medio lixivante que adsorben iones de la disolución como cobalto, níquel y otros. Ello incidió de manera nociva el proceso de lixiviación.

En la figura 1, se aprecia que el incremento en la concentración inicial del ácido tartárico favorece la extracción del cobalto de manera significativa. Este comportamiento corrobora los resultados obtenidos<sup>[6]</sup>.

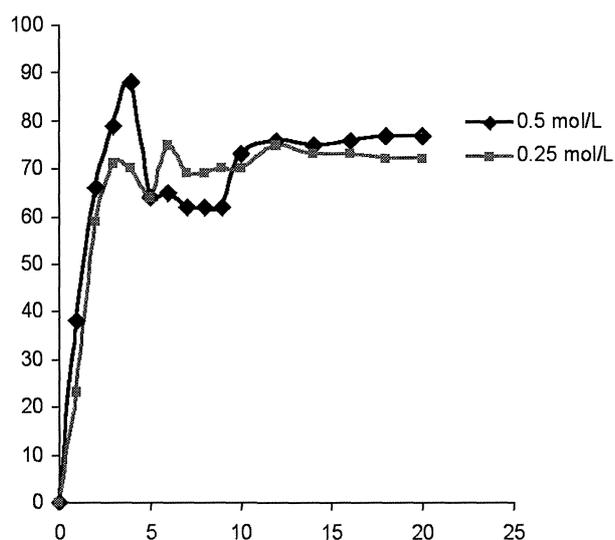


Figura 1. Influencia de la concentración inicial del ácido tartárico en la extracción de cobalto.

Figure 1. Influence of initial concentration of tartaric acid on cobalt solubilization.

Rev. Metal. Madrid Vol. Extr. (2005) 351-354

#### 3.2. Determinación del efecto de la velocidad de agitación

Para analizar el efecto de la velocidad de agitación en el proceso de recuperación del cobalto con el ácido tartárico, se emplearon velocidades de 120 y 140 rpm. En la figura 2 se exponen los resultados del experimento.

En la representación gráfica, la variación en la velocidad de agitación no muestra un efecto significativo en la extracción del cobalto, existiendo una ligera diferencia en las curvas que caracterizan la extracción de éste metal a diferentes velocidades de agitación.

A los cuatro días de lixiviación se obtiene el máximo de recuperación del cobalto, llegando hasta un 85 %, al emplear una velocidad de agitación de 140 rpm.

#### 3.3. Determinación de la influencia de la temperatura en la recuperación del cobalto

En el análisis del efecto de la temperatura en la recuperación del cobalto se emplearon valores de temperatura de 40 °C y 60 °C. En la figura 3 se muestran los resultados de la extracción de cobalto al variar éste parámetro.

En la figura 3, a los cuatro días de lixiviación, para el experimento a 60 °C la extracción de cobalto es de alrededor del 90 %. A los 40 °C no superó el 70 %. El incremento en la temperatura favorece significativamente la lixivabilidad del cobalto. Se comprobó que no es recomendable emplear niveles de temperaturas superiores a los 60 °C. Su

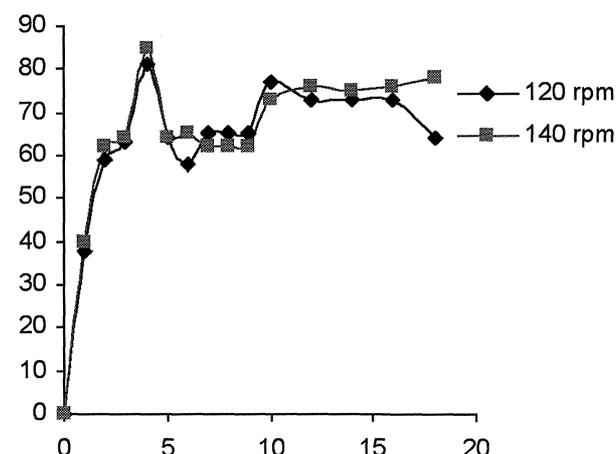
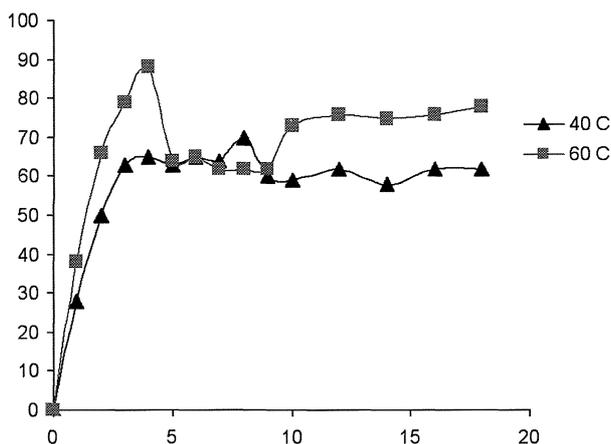


Figura 2. Influencia de la velocidad de agitación en la extracción de cobalto.

Figure 2. Influence of agitation rate on cobalt solubilization.



**Figura 3.** Influencia de la temperatura en la recuperación de cobalto.

Figure 3. Influence of temperature on cobalt solubilization.

incremento provocaría significativas pérdidas de líquido por evaporación, en el medio lixiviante, atendiendo a que el proceso se estudió en un reactor abierto.

### 3.4. Determinación del efecto del tamaño de la partícula

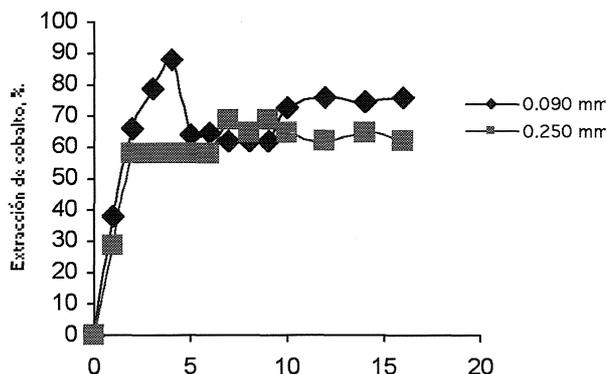
Para el análisis de la granulometría se realizaron pruebas experimentales, variando éste parámetro a las clases de tamaño de  $-0,250 + 0,200$  mm y  $-0,090 + 0,045$  mm. En la figura 4 se exponen los resultados de la recuperación del cobalto con el ácido tartárico.

A los cuatro días se extrae cerca del 90 % del cobalto, empleando un tamaño de partícula de 0,090 mm. A la clase de tamaño de  $-0,250 + 0,200$  mm, la extracción fue inferior. Un incremento en la granulometría de la mena desfavorece la recuperación del cobalto.

### 3.5. Perspectivas de la recuperación de cobalto con ácidos orgánicos

Esta alternativa analizada ofrece claras perspectivas en la recuperación del cobalto contenido en las menas lateríticas de baja ley en níquel, con un ácido orgánico.

- Se logra la recuperación del cobalto como elemento primario, nunca antes establecido en la industria del níquel, tributando al desarrollo sostenible de la región, a través del procesamiento de grandes volúmenes de contaminantes.



**Figura 4.** Influencia del tamaño de la partícula en la extracción de cobalto.

Figure 4. Influence of size of particle of ore on cobalt solubilization.

- Brinda grandes perspectivas futuras en el procesamiento de los minerales lateríticos, como una vía económicamente factible, ya que amplía el mercado de los metales ferrosos.

## 4. CONCLUSIONES

- A la concentración de ácido tartárico de 0,5 mol/l, temperatura de 60 °C, tamaños de partículas inferiores a 0,090 mm y velocidades de agitación de 140 rpm, se logra extraer alrededor del 90 % del cobalto contenido en éstas menas, en 4 días.
- Con el procesamiento de estos residuales de la minería mediante la lixiviación con el ácido tartárico, se contribuye a reducir el efecto medioambiental que produce su vertimiento en los diferentes ecosistemas de la región.

## REFERENCIAS

- [1] L.B. SUKLA y V.V. PANCHANADIKAR, *Hydrometallurgy* 32 (1993) 373-379.
- [2] K. BOSECKER, 6<sup>TH</sup> Int. Symp. Biohydrometallurgy, Vancouver, Canada, 1985.
- [3] P.G. TZEFERIS, S. AGATZINI y E.T. NERANTZIS, *Lett. Appl. Microbiol.* 18 (1994) 209-213.
- [4] P.G. TZEFERIS, *Int. J. Miner. Process.* 42 (1994) 267-283.
- [5] A. PALACIOS y J. RODRÍGUEZ, *Rev. Min. Geol.* XIV (1997) 14.
- [6] O. COTO, N. BRUGUERA, L. ABIN, J. GAMBOA e Y. GÓMEZ, *Proc. Int. Biohydrometallurgy Symp.*, Minas Gerais, Brasil, 2001, p. 175-182.