Artículo Original

Beneficio en laboratorio de un mineral oxidado de cobre

Laboratory benefit of an oxidized copper mineral

Yessica Gonzalez [1], Christian Escobar [2], Norman Toro [3] *

http://opn.to/a/2iKFh

RESUMEN: Se estudió el beneficio de un mineral determinando sus propiedades físicas, químicas y mineralógicas, el mineral estudiado presenta una ley de cobre total de 2,63% y una ley de cobre soluble de 2,61%. Para el beneficio del mineral primeramente se deja en una granulometría con un P80 entre 3/4" y 1/2", planteado opciones de lixiviar por agitación, por bateas o por columnas Los resultados obtenidos entregan que las pruebas realizadas mediante técnica de lixiviación por agitación son las más favorables para este tipo de material utilizando una dosificación de ácidos de 60 g/L logrando prácticamente un 100% de extracción en comparación a las otros dos métodos en donde se utiliza la misma dosificación de ácido, la pruebas de batea se logró un máximo de extracción de 67% y para pruebas en columnas se logró un 73% para una tasa de riego de 112 [L/m^2/h], posteriormente se realizaron análisis a los ripios de lixiviación obteniendo como resultados de concentración de cobre remante el mayor porcentaje la técnica de lixiviación en batea, resultando el peor método para este material, por el contrario la lixiviación por agitación obtiene los mejores resultado con menor porcentaje cobre remante en el ripio llegando a un 1,05% de cobre total.

Palabras clave: Extracción de cobre, óxidos de cobre, crisocola, lixiviación de cobre, consumo de ácido, aglomerado y curado.

ABSTRACT: The benefit of a mineral was studied by determining its physical, chemical and mineralogical properties. The mineral studied had a total copper grade of 2.63% and a soluble copper grade of 2.61%. For the benefit of the mineral, it is first left in a granulometry with a P80 between 3/4 "and 1/2", considering options to leach by agitation, by basins or by columns. The results obtained show that the tests carried out using the leaching technique by agitation are the most favorable for this type of material using an acid dosage of 60 g / L achieving practically 100% extraction compared to the other two methods where the same acid dosage is used, the pan tests were achieved a maximum extraction of 67% and for tests on columns 73% was achieved for an irrigation rate of 112 [L / m2 / h], later analyzes were carried out on the leaching rubble, obtaining the results of the remaining copper concentration Higher percentage the pan leaching technique, being the worst method for this material, on the contrary the agitation leaching obtains the best results with less or percentage of remaining copper in the gravel, reaching 1.05% of total copper.

Keywords: Extraction of copper, copper oxides, chrysocolla, copper leaching, acid consumption, agglomerate and curing.

Recibido: 25/04/2020

Aprobado en su forma original: 29/05/2020

[1]Departamento de Ingeniería Metalúrgica y Minas, Universidad Católica del Norte, Antofagasta, Chile.
[2]Departamento de Minería y Metalurgia, Universidad Tecnológica de Chile INACAP, Antofagasta, Chile.
[3]Faculty of Engineering and Architecture, Universidad Arturo Pratt, Antofagasta, Chile.
*Autor para correspondencia: *Norman Toro*. E-mail: ntoro@ucn.cl

INTRODUCCIÓN

Chile actualmente es el mayor productor de cobre a nivel mundial, logrando en 2017 una producción de 5.558 mil toneladas métricas de cobre, lo cual es equivalente al 27,9% de la producción mundial. (Sernageomin, 2017).

Una de las vías por las que se obtienen el cobre es la hidrometalurgia donde se tratan principalmente óxidos de cobre mediante métodos físicos-químicos realizados en fase líquida. (Valenzuela et al., 2019). En la minería, la hidrometalurgia es el proceso en el cual se obtiene el mineral puro de interés con base en reacciones químicas en solución acuosa. Así se define como la forma de recuperación de un metal o compuesto desde su mena por medio de una solución que fluye disolviendo las especies de interés de la roca (Benavente, 2010).

La lixiviación es un proceso de carácter hidrometalurgico que consiste en la obtención del metal de interés, en este caso el metal que se desea recuperar es cobre de forma oxidado. Mediante la lixiviación el cobre contenido en el mineral es separado a través de la aplicación de una disolución de ácido sulfúrico (H_2SO_4) y agua. Los principales métodos de lixiviación utilizados se pueden clasificar de la siguiente forma. Lixiviación in situ, lixiviación en botaderos, lixiviación en pilas, lixiviación en bateas, lixiviación por agitación, (Domic, 2001), sin embargo, este estudio está centrado en el método de lixiviación en pilas, en batear y por agitación.

Este último proceso se realiza principalmente mediante tres etapas sucesivas, la primera corresponde al proceso de lixiviación en donde se disuelve selectivamente el cobre mediante una solución acuosa, la segunda etapa es un proceso de purificación y concentración denominado extracción por solvente y la última etapa es un proceso de precipitación, llamado electroobtención, dando como resultado un cátodo de cobre con 99,99% de pureza (Valenzuela et al., 2019). En el proceso de lixiviación ocurre una transferencia de masa entre un líquido y un sólido, con el objetivo de traspasar el metal de interés desde el mineral a tratar a la solución añadida (Wu et al., 2007), en el caso de los minerales oxidados se utiliza como disolvente ácido sulfúrico diluido (Ilankoon et al., 2018). La lixiviación en pilas y la lixiviación en bateas son técnicas de lixiviación por percolación la diferencia radica en que la lixiviación en batea se realiza en grandes recipientes al cual se le añade el material y la solución lixiviante hasta rebosar (Schlesinger, King, Sole, & Davenport, 2011) , en cambio la lixiviación en pilas se realiza mediante la formación de un montón de mineral al cual se le irriga la solución lixiviante sin inundación (Liu, Wen, Tan, Liu, & Wu, 2016), por último la lixiviación por agitación se utiliza para minerales de leyes más alta con un mineral finamente molido, aquí se forma una pulpa con el mineral y la solución lixiviante dentro de un reactor agitado el cual ayuda a la disolución el del mineral aumentando a la cinética de reacción (Ntakamutshi, et al., 2017).

En la presente investigación se estudia el benéfico de un mineral oxidado de cobre con el fin de buscar las variaciones de parámetros y la técnica de lixiviación más adecuadas para la extracción de metal de interés.

MATERIALES Y MÉTODOS

Mineral oxidado de cobre

Para la presente investigación se utilizó un mineral oxidado de cobre compuesto con una ley de cobre total de 2,63%, cobre soluble de 2,61%.

Aditivos

El ácido sulfúrico utilizado para las pruebas de lixiviación es de grado P.A, marca Merck, pureza 95-97%, densidad 1,84 kg/L y peso molecular de 98,08 g/mol.

Diseño experimental

Se realizaron pruebas utilizando la técnica de lixiviación por agitación variando la dosificación de ácido y manteniendo las demás variables contantes, Se utiliza 200 g de mineral con una granulometría 100% -#10 durante 2 horas a 700 rpm, se realiza a una razón sólido líquido de 1:2, un volumen de solución de 400 mL, una concentración de ácido de 40 y 60 g/L, se tomaron muestras a los 5, 15, 30, 60 y 90 minutos las cuales son filtradas y enviadas a análisis químicos.

La lixiviación en bateas es realizada en un percolador de vidrio de 7 litros y una bomba para la recirculación de la solución lixiviante, se

utilizó 2500 g de mineral y 5000 mL de solución con una razón sólido líquido de1:2 y una concentración de ácido de 60 g/L durante 2 horas, se tomaron muestras a los 5, 15, 30, 45, 90 y 120 minutos para enviar a análisis químico.

Para las pruebas en columnas de lixiviación primeramente se utilizó una granulometría 100% -3/4", el mineral primeramente es aglomerado y curado con una dosificación de 65 [kg/tmx] de agua y 60 [Kg/tmx] de ácido durante 24 horas, luego en la lixiviación se utilizó una concentración de ácido de 9 g/L a una tasa de riego de 8 y 12 L/m^2/h, se tomaron muestras de solución 3 veces al día regulando constantemente el riego y se mandaron análisis químicos.

Los ripios de las tres técnicas realizadas son secados y enviados a análisis químico para obtener el contenido de cobre remante del proceso de lixiviación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis químico se reconocen principalmente mineral de cobre los que representan alrededor del 3% de la muestra, en donde el 2,61% corresponde a cobre soluble.

En la tabla 1 se puede observar que luego del ciclo de lixiviación se alcanza una extracción 80% para cobre soluble.

Al igual que en el caso anterior como se muestra en la tabla 2, la mayor extracción se obtuvo al mayor tiempo, alcanzando una recuperación de 99,61% de cobre soluble. Realizando una comparación de ambas pruebas realizadas durante un ciclo de 2 horas de lixiviación, la realizada con una dosificación de 60 g/L obtienen mejores resultados, esto se puede deber a la cantidad de reacción que se pueden originar con mayor adición de ácido ya que el mineral se encuentra más en contacto con el disolvente, y en el caso de la utilización de 40 g/L no se ha entrado en contacto con todas las partículas antes de ser consumido, por lo que resulta una dosificación deficiente.

Como se muestra en la tabla 3 luego del ciclo de lixiviación se obtiene una extracción de cobre de 66,90%, sin embargo, en esta técnica se tienen menos recuperaciones utilizando la misma dosificación de ácido y en un tempo de 4 horas, sin embargo, se puede realizar un tempo de lixiviación más prolongada para alcanzar mayores extracciones del metal. Este se debe principalmente al que en la lixiviación por agitación se tiene una granulometría más fina que permite mayor contacto de las partículas con la solución lixiviante, y, además, al poseer un agitador, ayuda a que las reacciones ocurran más

Tabla 1. Extracciones de CuT y CuS para prueba de lixiviación por agitación utilizando una concentración de ácido de 40 g/L.

Extracción CuT [%]	Extracción CuS [%]	Consumo ácido [kg/t]
48,02	50,14	79,64
67,23	70,19	79,56
71,40	74,55	79,78
70,08	73,17	79,97
69,02	72,07	79,99
69,71	72,78	80,00

Tabla 2. Extracciones de CuT y CuS para prueba de lixiviación por agitación utilizando una concentración de ácido de 60 g/L.

Extracción CuT [%]	Extracción CuS [%]	Consumo ácido [kg/t]
76,89	80,28	89,58
85,38	89,15	119,15
90,40	94,38	108,84
94,04	98,18	113,09
94,35	98,51	115,17
95,41	99,61	118,67

Tabla 3. Extracción de CuT y CuS para pruebas en técnica de lixiviación en bateas.

Extracción CuT [%]	Extracción CuS [%]	Consumo ácido [kg/t de mx]
32,24	32,49	115,10
33,92	34,18	114,01
36,43	36,70	112,93
40,68	41,00	110,21
50,27	50,65	108,58
56,96	57,39	104,24
66,39	66,90	104,24

rápido debido a que aumenta el contacto con el mineral e impide que este decante.

Para la lixiviación en columnas se obtuvo la mayor extracción utilizando una tasa de riego de 8 L/m/h, alcanzado un 73,73% de cobre, también como se observa en la figura 1 en los primeros tiempos del ciclo de lixiviación se extrajo más rápido el metal, infiriendo un buen proceso de aglomera y curado.

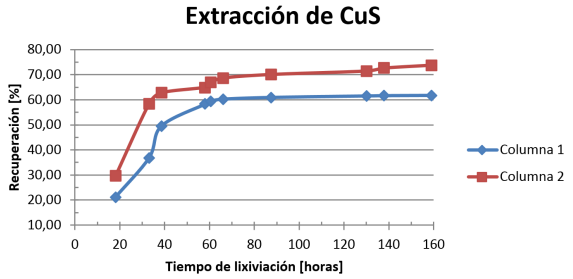


Figura 1. Extraction de Cobre soluble em pruebas de columnas de lixiviación.

CONCLUSIONES

1. Para la agitación se tienen las recuperaciones más altas, debido a la superficie expuesta a la solución lixiviante.
2. Para la batea se tiene la menor recuperación, lo que sugiere que este método requiere de un tiempo mayor a 4 horas para entregar mayores recuperaciones.
3. La lixiviación en columnas, se presenta como el mejor método de lixiviación debido a sus bajos costos de operación y altas recuperaciones de Cobre.
4. La prueba con mejores extracciones es la realizada mediante el método de lixiviación agitada en donde se obtienen una extracción de cobre de 99,61%.

AGRADECIMENTOS

Se agradece al Académico Norman Toro por contribuir tanto en guiar, así como también monetariamente para que esta investigación se pudiera realizar. Además, se destaca que este trabajo fue apoyado por la Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo Tecnológico, UCN.

BIBLIOGRAFIA

Benavente, O. 2010. Disolución de sistemas acuosos. Antofagasta: Universidad Católica del Norte, 37-52pp.

Cáceres, G. 2007. Introducción a la hidrometalurgia. Arica: Universidad de Atacama, 44-70pp.

Cárcamo, H. 2003. Operaciones mecánicas. Antofagasta: Universidad Católica del Minerals Engineering Norte, 46p.

Domic, E. 2001. Hidrometalurgia: Fundamentos, procesos y aplicaciones. Santiago de Chile: Andros Impresores, 174p.

Ilankoon, I. M. S. K.; Tang, Y.; Ghorbani, Y.; Northey, S.; Yellishetty, M.; Deng, X.; & McBride, D. 2018. "The current state and future directions of percolation leaching in the Chinese mining industry: Challenges and opportunities".Vol. 125: Elsevier, Available:<https://doi.org/10.1016/j.mineng>, [Consulted: Junio 6, 2018].

Liu, M., Wen, J., Tan, G., Liu, G., & Wu, B. 2016. "Hydrometallurgy Experimental studies and pilot plant tests for acid leaching of low-grade copper oxide ores at the Tuwu Copper Mine". Hydrometallurgy Vol. 165: Elsevier B.V., Available: <https://doi.org/10.1016/j.hydromet>, [Consulted: Abril 9, 2016].

Ntakamutshi, P. T., Kime, M. B., Mwema, M. E., Ngeda, B. R., & Kaniki, T. A. 2017. "Agitation and column leaching studies of oxidised copper-cobalt ores under reducing conditions". Minerals Engineering, 111(February): 47-54, Available: <https://doi.org/10.1016/j.mineng>, [Consulted: Junio 1, 2017].

Schlesinger, M. E., King, M. J., Sole, K. C., & Davenport, W. G. 2011. Hydrometallurgical Copper Extraction. In Extractive Metallurgy of Copper pp. 281-322, Available: <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-096789-9.10015-0>, [Consulted: Junio 1, 2017].

Sernageomin. 2017. Anuario de la mineria de Chile.

Reghezza, A. 1987. Aspectos tecnológicos de la Lixiviación. Concepción, Universidad de Concepción, 77-92pp.

Valenzuela-Elgueta, J., Jimenez, Y. P., Delgado, A. V., & Ahualli, S. 2019. Electrokinetics and stability of silica/clay mixtures at high copper concentration. Implications in the mining of copper. Minerals Engineering (Vol. 134). Elsevier , Available: <https://doi.org/10.1016/j.mineng>, [Consulted: Febrero 1, 2019].

Wu, A., Yin, S., Yang, B., Wang, J., & Qiu, G. 2007. Study on preferential flow in dump leaching of low-grade ores. Hydrometallurgy (Vol. 87). <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2007.03.001>, [Consulted: Febrero 1, 2019].

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.
Este artículo se encuentra bajo licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0)