

BIOLIXIVIACIÓN DE CONCENTRADOS DE CALCOPIRITA POR BACTERIAS TERMÓFILAS EXTREMAS: PRODUCTOS Y PROCESOS IMPLICADOS

Marcos G. Monroy Fernández¹, Roberto C. Galván Téllez¹, Ma. Isabel Lázaro Báez¹ y Carlos Lara Valenzuela²

¹ Instituto de Metalurgia, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Av. Sierra Leona No. 550, Col. Lomas 2^a.

Sección 78210 San Luis Potosí, S.L.P. Tel.: (444) 824 59 74. Fax: 825 43 26. E-mail: monroyma@uaslp.mx.

² Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Servicios Industriales Peñoles, S.A. de C.V.

Palabras clave: biolixiviación, calcopirita, bacterias termófilas extremas.

Introducción. La calcopirita (CuFeS_2) es la fuente mineral de cobre más importante por su abundancia en yacimientos de sulfuros polimetálicos. Este mineral se concentra por flotación antes de la extracción del Cu por fundición, donde se separa de Fe, S y otras impurezas. La fundición de sulfuros es ahora considerada como contaminante y poco competitiva. Por tanto, se requieren procesos que minimicen el impacto ambiental y reduzcan costos [1]. La biolixiviación de concentrados de calcopirita es considerada como una opción para la extracción de Cu, aunque debe: (i) asegurar una extracción de $\text{Cu} > 95\%$; (ii) minimizar el tiempo de residencia; (iii) ser un proceso simple, de fácil escalamiento, adaptable a la extracción por solventes y electrodeposición; y (iv) generar subproductos amigables al ambiente [2]. Por ello, se propone emplear bacterias termófilas extremas que catalizan la oxidación de calcopirita y además, a diferencia de las comúnmente empleadas bacterias mesófilas, permiten el uso de temperaturas tan altas como 70°C . Esto último es motivo aún de investigación ya que se requiere conocer más sobre los productos y procesos implicados.

Metodología. El concentrado de calcopirita empleado contiene 64% calcopirita (CuFeS_2), 17% galena (PbS), 6% tetraedrita (Cu_3SbS_3), 4% esfalerita (ZnS), 2% pirita (FeS_2) y 6% ganga. Se emplearon consorcios de bacterias termófilas extremas y mesófilas, recuperados de sitios naturales en México. Las pruebas fueron realizadas en reactores de acero inoxidable con control de flujo de O_2 o CO_2 y de temperatura (32°C para mesófilas y 70°C para termófilas extremas). Se analizó al licor de lixiviación por pH, E_{redox} y concentración en solución de Cu, Zn, Pb, Fe^{2+} y Fe^{3+} . Los residuos sólidos fueron analizados por espectrometría de absorción atómica, difracción de rayos-X y microscopía electrónica de barrido.

Resultados y Discusión. La cinética de extracción de cobre por bacterias termófilas extremas es mayor que la de bacterias mesófilas (Figura 1). Durante la biolixiviación del concentrado por bacterias termófilas se distinguieron tres etapas, caracterizadas por la evolución de los parámetros analizados. En una primera etapa se observó un limitado consumo de ácido, mínimo incremento en el potencial redox (610 a 615 mV/SHE); ligera disminución en la concentración de Fe^{3+} en solución, mínima disolución de Cu y rápida disolución de Zn. Esta etapa se atribuye a la disolución de la esfalerita y el inicio de la disolución ácida oxidativa de la calcopirita. La segunda etapa se distinguió por un

incremento del consumo de ácido, del E_{redox} (620 a 660 mV/SHE) y de la disolución de Cu y Fe^{2+} , así como por un nulo incremento de Zn y Fe^{3+} en solución. La relación $[\text{Fe}^{2+}]/[\text{Cu}]$ es cercana a 1, atribuyéndose a la oxidación ácida de la calcopirita catalizada por las bacterias termófilas, quienes favorecen la oxidación vía sulfuro sólo hasta azufre elemental (38.4% S^0 en el residuo biolixiviado). En esta etapa, la oxidación férrica del sulfuro estaría limitada por la demostrada menor capacidad de las bacterias termófilas por oxidar al Fe^{2+} . La tercer etapa se identificó por un mínimo consumo de ácido, por el incremento en el E_{redox} (660 a 710 mV/SHE) y de Fe^{3+} disuelto; así como por la disminución de la concentración de Fe^{2+} y mínima disolución de Cu y Zn. Ante la falta de fuente de sustrato energético vía sulfuro, esta tercera etapa corresponde a la biooxidación del Fe^{2+} a Fe^{3+} .

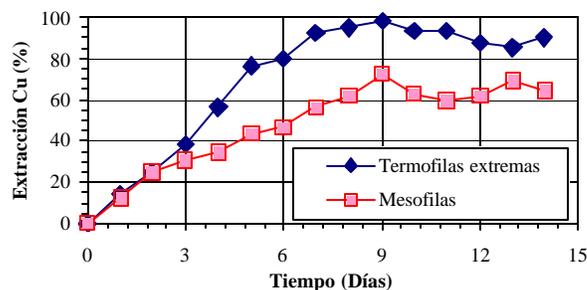


Figura 1. Extracción de cobre por biolixiviación de un concentrado de calcopirita en bioreactores de laboratorio.

Conclusiones. La extracción de Cu por biolixiviación de concentrados de calcopirita con bacterias termófilas extremas es mayor y más rápida que con bacterias mesófilas, siendo el proceso principalmente controlado por una reacción ácida oxidativa catalizada por las bacterias termófilas, a pesar de su menor capacidad de oxidación de ion ferroso y azufre elemental.

Agradecimiento. A Servicios Industriales Peñoles, S.A. de C.V. por su financiamiento al proyecto.

Bibliografía.

- Lara, V.C., Monroy, F.M., Martínez, C.E. (2002). Estrategias de investigación en Industrias Peñoles en el campo de la Biotecnología aplicada al Procesamiento de Minerales. En: *Memorias Encuentro en Procesamiento de Minerales*, San Luis Potosí, S.L.P. CD-ROM.
- Lawrence, R.W., Poulin R. (1996). Biooxidation of copper sulfides. En: *Proc. EPD Congress 1996*. Warren, G.W. The Minerals, Metals and Materials Society. USA: 893-906.