

# DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES PARA LA LIXIVIACIÓN EN LA MINERÍA

El uso de lixiviantes en la industria minera actual, sujeta a normativas ambientales y de protección de las personas, tiene más desafíos, por lo que solo será viable su uso, si la ingeniería de los procesos metalúrgicos es sustentable. *Por Jorge Ipinza y Silvia Lagos\**

Cuando el objeto es lograr extracciones y cinéticas satisfactorias, la principal variable para la lixiviación exitosa de minerales, es la elección adecuada del lixivante o disolvente. Tanto para operar en un medio ácido (ácido sulfúrico, ácido cítrico, ácido clorhídrico y nítrico entre otros), o básico, como amoníaco y cianuro. No obstante, el uso de lixiviantes en la industria minera actual, sujeta a normativas ambientales y de protección de las personas, tiene más desafíos, por lo que sólo será viable su uso, si la ingeniería de los procesos metalúrgicos es sustentable.

Hoy tenemos operaciones con leyes menores a 0,5% de cobre total y una búsqueda permanente de tecnologías emergentes para el tratamiento de grandes volúmenes de

sulfuros de baja ley, menores a 0,2% de cobre total y con significativos contenidos de arcilla y filosilicatos.

Lo anterior, se produce simultáneamente con el descenso del precio del metal rojo, que vino acompañado por el encarecimiento de insumos críticos como el agua y la energía, lo que obligó a la industria minera a diseñar y ejecutar estrategias de gestión que priorizaran la reducción de costos, pero manteniendo la eficiencia productiva.

Las metas de las mineras ya no eran elevar producción, sino que mantener sus capacidades productivas. Aumentó el interés por innovar en los procesos productivos y por las Energías Renovables No Convencionales (ERNC). Así, la minería fue pionera en aplicar sistemas de uso de agua de mar y



de impulsar la instalación de amplios parques fotovoltaicos y eólicos. Todos estos factores influyeron también en la lixiviación de minerales.

### DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES

La lixiviación ácida con sales de cloruro en un pretratamiento o como salmueras, para operaciones de lixiviación en pilas y botaderos de minerales de cobre, se está imponiendo sobre otras técnicas en etapa de estudio, como son la biolixiviación en medios nítricos y amoniacaes.

El uso de agua de mar directo en los procesos de lixiviación, ha sido un factor preponderante para la adición de sales de cloruro ( $\text{CaCl}_2$  y/o  $\text{NaCl}$ ), que logran extracciones de cobre desde minerales sulfurados secundarios (calcosina, covelina) sobre 80%, con un ciclo metalúrgico inferior a 100 días.

Este tipo de proceso fue aplicado con éxito en Minera Michilla y se ha expandido a otras empresas, como Spence. Actualmente, otras mineras que están cambiando a una mineralización de sulfuros de cobre secundario están evaluando la aplicación de esta técnica, como son Amalia (CEMIN), Zaldivar (AMSA), Lomas Bayas, Franke, Tres Valles, entre otras.

Esta misma tendencia se está observando en el tratamiento de minerales de botaderos y en el retratamiento de rípios que contienen leyes de sulfuros de cobre significativos. Actualmente, estos medios lixiviantes clorurados se están aplicando a escala piloto, para la lixiviación de sulfuros primarios de cobre (calcopirita, bornita) de baja ley, usando razones de  $\text{NaCl}:\text{H}_2\text{SO}_4$  significativamente mayores a las empleadas para la disolución de los sulfuros de cobre secundarios.

La sustentabilidad del proceso, debido a la masiva formación de  $\text{HCl}$  gas, llevó al desarrollo de un nuevo equipo llamado reactor de mezcla trifásica, RMT® (K+S & Universidad Técnica Federico Santa María). Para minerales primarios (ley menor a 0,3% Cu) con bajo contenido de calcio y una razón óptima de concentración hierro/cobre

en solución, las extracciones de cobre son mayores a 50%.

La aparición en el mercado de nuevas fórmulas de lixiviantes (cloruro, nítrico, amoniaco), están promoviendo el desarrollo de nuevos procesos orientados al tratamiento metalúrgico por la vía de la lixiviación de especies de valor económico contenidos en la colección de material particulado MP10 y MP2,5, en los polvos de fundición, metal blanco y en los relaves (cobalto y tierras raras).

Una aplicación importante de estos medios lixiviantes se encuentra en el tratamiento de concentrados sucios, es decir, que contienen elementos que afectan su comercialización (arsénico, mercurio y plomo, entre otros).

Un reciente estudio, realizado por el DIMET de la Universidad de Concepción, muestra que el proceso de tostación sulfatante para disminuir el arsénico contenidos en los concentrados de cobre, podría eliminar la etapa de fundición y pasar directamente a un circuito de lixiviación de la calcina, para continuar con etapas convencionales de extracción por solventes y electroobtención (SX-EW).

Esto podría constituir una alternativa para el actual proceso de Codelco-DMH, haciendo uso de la capacidad ociosa de SX-EW de Chuquicamata. Se prevé que este tipo de tecnología tendría también aplicación en la minería de Perú.

En la minería del oro y plata, a partir de la década de los '80, se comienza a prestar atención a nuevas alternativas para la lixiviación, con el fin de solucionar la problemática ambiental y riesgo para las personas, debido al uso del cianuro de sodio. Se buscan nuevos reactivos que mejoren la velocidad de lixiviación del oro, complementado con nuevos extractantes para la separación de los metales de interés desde la solución.

---

\* Artículo especialmente preparado para revista Nueva Minería y Energía por Jorge Ipinza, doctor en Metalurgia, y académico del DIMM, Universidad Técnica Federico Santa María; y Silvia Lagos, doctora en Ciencias Ambientales y gerente de Industria & Minería Consultores.

❖ En la minería del oro y plata, a partir de la década de los '80, se comienza a prestar atención a nuevas alternativas para la lixiviación.