

COMPARACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS TRADICIONALES Y MODERNAS  
DE TRATAMIENTO DE LAS MENAS CUPRÍFERAS OXIDADAS Y MIXTAS; Y  
SU APLICACIÓN A MENAS CUBANAS

J. LAZO

*Fac. Minero Metalúrgica, Universidad de Oriente.*

*Recibido: 30 de octubre de 1975*

**ABSTRACT:** Copper belongs to the most important non-ferrous metals; its consumption in some capitalistic countries and developing countries constitute at the present time: U.S.A. 10,0; France 7,5; Argentine 1,5; Mexico 1,4; Brazil 1,1 kg/man/year. It may be considered that the necessary perspective as concerns copper in Cuba, by evaluating its specific consumption of 3—4 kg/man/year should be evaluated in the order of 20—40 thousand t/year. The different existing technologies have been analyzed in the present work, as well as the perspectives of their application to our copper oxidized and mixtiform ores.

**RESUMEN.** El cobre pertenece a los metales no-ferrosos más importantes; su consumo en algunos países capitalistas y en desarrollo constituye actualmente: U.S.A. 10,0; Francia 7,5; Argentina 1,5; México 1,4; Brasil 1,1 kg/hab/año. Evaluando el consumo específico de cobre en Cuba en 3—4 kg/hab/año se puede considerar, que la necesidad perspectiva de nuestro país de este metal debe evaluarse en el orden de 20—40 mil t/año. En el presente trabajo se analizan las diferentes tecnologías existentes; y perspectivas de su aplicación a nuestras menas cupríferas oxidadas y mixtas.

## INTRODUCCIÓN

El cobre pertenece a los metales no-ferrosos más importantes, su consumo en algunos países capitalistas y en desarrollo constituye actualmente: U.S.A. 10,0; Francia 7,5, Argentina 1,5; Brasil 1,1 kg/hab/año.<sup>1</sup>

Evaluando el consumo específico de cobre en Cuba de 3—4 kg/hab/año se puede considerar que la necesidad perspectiva de este metal en nuestro país debe estimarse en el orden de 20—40 mil t/año.

En la actualidad el cobre se obtiene fundamentalmente de las menas sulfurosas, procesando los concentrados de flotación por métodos pirometalúrgicos y realizando esquemas típicos con refinación electrolítica (Fig. 1). Esta tecnología permite obtener cobre de suficiente pureza (99,95% Cu), o sea, satisface las exigencias de la industria electrotécnica y de construcción de maquinaria, principales consumidores de este metal.

Al analizar la tecnología tradicional de obtención de cobre, desde el punto de vista del desarrollo perspectivo de la industria cuprífera nacional se han de destacar los siguientes problemas:

En primer lugar, las plantas de fundición y refinación eléctrica modernas representan en sí, empresas de gran tonelaje (con una producción de cobre del orden de las 100,000 t/año), que trabajan con un alto grado de mecanización y automatización. En tales fábricas el costo de tratamiento metalúrgico de los concentrados de flotación constituye solo el 30-40% del costo de producción total del producto terminado; el resto corresponde a la obtención de concentrados. Es natural que el trabajo de las unidades productoras de cobre de producción pequeña y media, lo que corresponde al nivel de Cuba, se va a caracterizar por los altos gastos de explotación.

En segundo lugar, la construcción de un complejo de fundición y refinación eléctrica de cobre está acompañada de inversiones considerables (alrededor de 1500 dólares/t de cobre obtenido); y la explotación posterior está relacionada con el gasto de materiales refractarios y combustible, que es necesario importar.

En tercer lugar, las plantas de fundición de cobre provocan la contaminación del medio circundante con diferentes polvos e impurezas químicas nocivas (fundamentalmente gas sulfuroso  $\text{SO}_2$ ).

De acuerdo con diferentes fuentes<sup>2</sup> las inversiones de capital en la construcción de instalaciones para la protección del medio circundante (naturaleza) aumentan el costo de las unidades de fundición de cobre en 20-30% y el costo de cobre producido aproximadamente en el 50%.

A éste respecto en la tecnología moderna de obtención de cobre, se observa una clara tendencia a pasar a los métodos hidrometalúrgicos; y en los países con una gran densidad de población, por ejemplo, Japón a trasladar las plantas de fundición de cobre al extranjero. Son sobre todo, perspectivos los métodos de tratamiento de las menas pobres por lixiviación subterránea y de montón, con el posterior enriquecimiento de las soluciones mediante extractantes orgánicos y la obtención de cátodos de cobre por electrólisis. (Fig. 2).

Actualmente en U.S.A. mediante la lixiviación directa de las menas pobres, escombreras y cclas de flotación se producen más de 200,000 t de Cu/año; de las cuales alrededor de 70,000 t se obtienen evitando la operación de fundición. Mediante métodos análogos, puramente hidrometalúrgicos se obtiene en Perú 30,000 t/año de Cu, Zambia 66,000 t/año, etc.

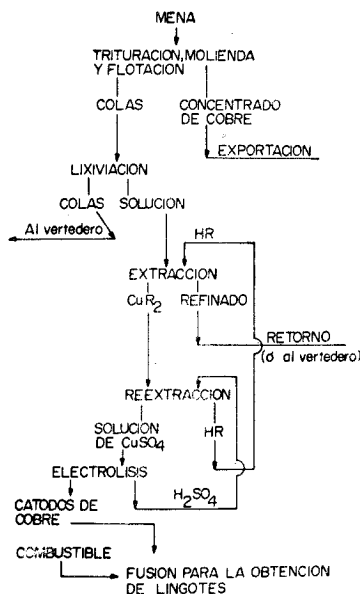
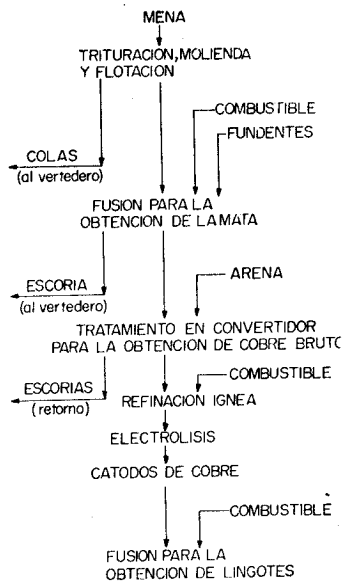


Fig. 1. Esquema principal del método pirometalúrgico para la extracción de cobre de las menas sulfuradas.

Fig. 2. Esquema principal del método hidrometalúrgico para la extracción de cobre las colas de flotación.

La Compañía Americana "Ranchers Exploration and Development Co." ha comenzado el laboreo hidrometalúrgico de un yacimiento subterráneo después de su voladura en masa. Se señala que el trabajo de esta compañía será rentable incluso en caso de recuperarse el cobre en solo el 15%. El costo de producción promedio del cobre, en esta compañía es de solo 50-70% del costo habitual del mercado.<sup>2</sup>

Es curioso que las tendencias modernas al trasladarse a los métodos hidrometalúrgicos de obtención de cobre, se observan no solo en países de clima cálido, sino también en países donde por otras condiciones climáticas severas predeterminan inversiones comparativas altas, y los trabajos se realizan según las estaciones del año. Por ejemplo, en Canadá se propone la construcción de una planta de cobre para el tratamiento de los concentrados de calcopirita según el esquema "ARBITER", en la URSS trabajan varias instalaciones hidrometalúrgicas para la recuperación de cobre de menas pobres, escombreras y colas, etc. La particularidad

característica de la tecnología hidrometalúrgica es la posibilidad de poner en producción las menas pobres y oxidadas, prácticamente inservibles para la flotación. En la evaluación económica general esta circunstancia aumenta considerablemente las reservas de balance del país. En esta tecnología hay que detenerse sobre todo en las particularidades específicas del tratamiento hidrometalúrgico.

La separación del cobre de las soluciones pobres, obtenidas durante la lixiviación, se realizan por los métodos de cementación con chatarra de hierro, de precipitación con ácido sulfhídrico ( $H_2S$ ) y de extracción con extractantes orgánicos o resinas de intercambio iónico (ionitas). Estos elementos determinan los perfiles de los esquemas generales posibles y sus índices de explotación.

El primero de estos métodos se ha practicado ampliamente, y permite obtener un producto que contiene solamente alrededor de un 85% de Cu, o sea, exige fundición y electrólisis, complementariamente.

La comparación técnico-económica del método de cementación, con el de extracción líquida y electrólisis, ha mostrado que el segundo, por tener índices cualitativos más altos, es dos veces más económico que el primero.<sup>3</sup> Es evidente que la solución adoptada en el proyecto, para la introducción del método de cementación en la tecnología de la planta "El Cobre" exige una revisión en principio. También exige revisión y evaluación técnico-económica la variante de cementación del cobre de las soluciones de la planta sulfometales, donde se aplicó este método durante la construcción general de la planta.

La comparación técnico-económica detallada del método de precipitación del cobre con ácido sulfhídrico ( $H_2S$ ) y de obtención del cobre por extracción realizada recientemente en Canadá<sup>4</sup> ha mostrado que por sus gastos de explotación, el primer método es más costoso que el segundo, aproximadamente 1,5 veces. En las condiciones de Cuba, la obtención de  $H_2S$  barato es difícil; y por esta razón la diferencia debe ser aún mayor. Estos cálculos realizados en el Dpto. de Recursos, Extracción y Energía del Canadá,<sup>4</sup> pone en duda la racionalidad práctica de los posibles esquemas hidrometalúrgicos elaborados en Cuba, que emplean el  $H_2S$ . En todo caso la racionalidad de las investigaciones ulteriores del esquema de  $H_2S$ , debe ser confirmada por cálculos suficientemente objetivos.

Actualmente, para la extracción del cobre de las soluciones pobres de sulfato, se emplean fundamentalmente extractantes de tipo quelatos. La particularidad de estos consiste en la gran selectividad en relación al cobre, la poca sensibilidad a la acidez de las soluciones y al contenido de impureza metálicas. Sin embargo el costo de estos extractantes en el mercado internacional es extraordinariamente alto (alrededor de 10,000 dólares/t); y aunque las pérdidas tecnológicas de los extractantes

en las plantas son comparativamente pequeñas, los gastos monetarios para compensar las pérdidas alcanzan el 20-25% del costo del proceso. Las dificultades prácticas de esta dirección pudieran ser vencidas por completo mediante la síntesis de extractantes nacionales, sobre la base de materia prima cubana, por ejemplo, de los derivados de la caña de azúcar (alcoholes, resina y otros). También puede ser perspectivo el ácido nafténico; el cual se obtiene, actualmente, como un derivado de la refinación del petróleo.

La nueva tecnología hidrometalúrgica pudiera dar un efecto técnico-económico positivo en la Unidad productora de "El Cobre". Las menas de este yacimiento se caracterizan por su alto grado de oxidación y las colas de flotación contienen hasta 0,5-0,7% de Cu. Nuestros ensayos han mostrado que el tratamiento de las colas de flotación de la planta de "El Cobre", con  $H_2SO_4$  permite obtener un producto de desecho con una ley de cobre de aproximadamente 0,1% (según el esquema de la Fig. 2). El tratamiento ulterior de las soluciones pobres, según el esquema extracción electrólisis, posibilita obtener cátodos de cobre de alta calidad. En este proceso no complejo puede ser fácilmente incluido el tratamiento de las aguas subterráneas cupríferas de este yacimiento y posiblemente con un estudio geológico e hidrogeológico más detallado del yacimiento, la puesta en producción metalúrgica de grandes reservas de menas pobres, escombreras y depósitos de colas por los métodos de lixiviación subterránea y de montón. En todo caso, suponemos que la culminación exitosa de nuestros trabajos permitirá proponer una tecnología metalúrgica progresiva; y así mismo aumentar las reservas de balance de este yacimiento. Otro gran objeto industrial donde la nueva tecnología puede tener importancia perspectiva es en el yacimiento "Arroyo de Mantua". Las menas de éste yacimiento son fuertemente oxidadas y tienen una composición química y mineralógica compleja. Nuestras investigaciones en el Instituto Mejanobr (URSS) han mostrado que los minerales metálicos principales son: calcantita, antlerita, covelina, piritita y otros. Su estructura se caracteriza por un fino entrecrecimiento, principalmente de los sulfuros. En estas menas se hallan elementos raros en cantidades importantes, lo que permite considerarlas, fundamentalmente, como polimetálicas.

Las investigaciones realizadas, en la República Popular de Rumanía<sup>5</sup> y en el Instituto de Minas de Leningrado,<sup>6</sup> sobre las menas del yacimiento "Arroyo de Mantua" muestran que éstas no pueden tratarse por los métodos tradicionales (molienda, flotación, fundición, etc.); debido a la gran cantidad de cobre que pasa a solución (50-80%) y a los insatisfactorios índices de la flotación selectiva. El beneficio por flotación de las menas de "Arroyo de Mantua" sería prácticamente po-

sible sólo para obtener un concentrado colectivo de sulfuros, comparativamente pobre con una ley de 3-6% de Cu y 35-37% de S; a partir de las colas de lixiviación. Por otro lado, la recuperación del cobre de las soluciones de lixiviación, utilizando los métodos de extracción líquida y electrólisis, no provoca dificultades específicas.

Como es sabido la causa fundamental de las pocas perspectivas del trabajo de la planta de sulfometales en la tecnología instalada, es la baja ley de cobre en la cabeza (alrededor de 0,5%). La práctica de empresas análogas en el extranjero, muestra que un trabajo rentable de las mismas se garantiza, solamente, cuando la ley de cobre en la cabeza es mayor del 0,7%.<sup>7,8</sup> Por eso la alimentación del concentrado colectivo de "Arroyo de Mantua" (Fig. 3), como materia prima fundamental de la planta Sulfometales es una solución completamente justificada. La misma permitirá poner en funcionamiento la línea de producción de cobre metálico de la planta.

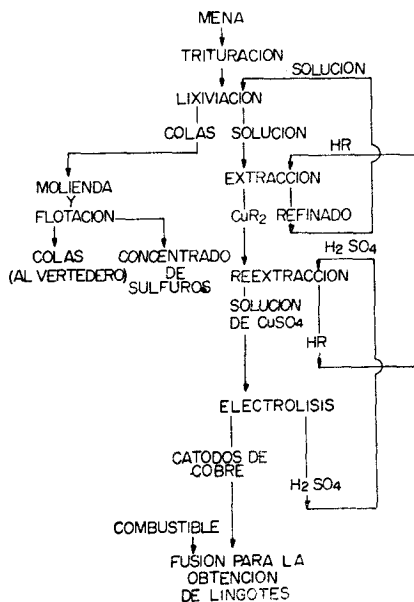


Fig. 3. Esquema principal del tratamiento combinado de menas oxidadas cupríferas.

Nuestras investigaciones adicionales sobre la calcinación sulfatante, sulfato-clorurante y de segregación de las colas de lixiviación de las menas de "Arroyo de Mantua" muestran que estos procesos pueden transcurrir con eficiencia e índices tecnológicos suficientemente buenos.

Para las menas del yacimiento "Arroyo de Mantua" es especialmente importante la recuperación de los metales raros, cuya ley en la mena es comparativamente alta. Todas las investigaciones anteriores que han estudiado los componentes principales (Cu, Fe, S) no han tratado la solución de este importante problema. Los últimos trabajos realizados en la Fac. Minero Metalúrgica de la Universidad de Oriente han mostrado, que parte de estos elementos raros pueden ser obtenidos en un concentrado, mediante una operación adicional, comparativamente sencilla, del esquema hidrometalúrgico general.

De acuerdo con los resultados de nuestras investigaciones preliminares suponemos, que la continuación ulterior de las mismas permitirán elaborar para Cuba, esquemas más útiles y perspectivas. La diferencia principal en estos esquemas consiste en la obtención de cantidades de cobre suficientemente grande en forma de cátodos de cobre de alta calidad, por los métodos de lixiviación, extracción líquida y electrólisis.

## RECONOCIMIENTO

Expresamos nuestro agradecimiento al Prof. Dr. G. N. Dobrojtov por las valiosas consultas y sugerencias ofrecidas en el desarrollo del trabajo.

## REFERENCIAS

1. PETELINOI T. M. Stvietnaia metallurguia promishlenno rasvitix kapitalisticheskix i razvivaiushixsia stran v 1972 g. Ministerstvo stvetnoi metallurgii SSSR, Moskva, 1973.
2. ANDREIEVA L. V. Mednaia promishlennost kapitalisticheskix i rasvivaiushixsia Stran. Isdatsel'stvo sentral'vnovo instituta informasii ministerstvo tsvetnoi metallurguii, SSSR, Moskva, 1974.
3. NABOICHENKO S. S. y SMIRNOY V. I. Gidrometallurguia Medi. Izdatel'stvo "Metallurguia", M., 1974.
4. RITCEY G. M. "Northern Miner". 59, 12, 1974.
5. LIZ, M. Evaluación de los trabajos de investigación de los Institutos ICEMIN e IMNR de la República de Rumanía sobre el tratamiento de los minerales de "Arroyo de Mantua" CIPIMM, Habana, 1974.
6. SALAS O. y LAZO J. Estudio y elaboración del esquema tecnológico para el tratamiento de las menas de cobre del yacimiento "Arroyo de Mantua", V. Seminario Científico, CENIC, Habana, 1975.

7. SCHACKMANN, H. *Zeit erzbergbau and Metallhüttenwesen*, 20, 499, 1967.
8. ROEDER A., JUNGHAN H. AND KUDELKA, H. *Journal of Metals*, 21, 31, 1969.
9. ALONSO C. y LAZO, J. Segregación de las colas de lixiviación de la mena del yacimiento "Arroyo de Mantua". V. Seminario Científico, CENIC, Habana, 1975.