

ESTUDIO DE ADSORCION DE COBRE Y PLATA
EN SOLUCIONES CIANURADAS SOBRE CARBON ACTIVADO

A. Arenas F.¹; M. Uribe M.; R. Brinckmann L.

El presente trabajo estudia las características de adsorción del cobre y plata disueltos en soluciones de cianuro, en carbón activado Metsorb. Mediante contactos batch y soluciones preparadas, se analizan los efectos de variables de procesos tales como: pH, concentración de cianuro libre, concentraciones de cobre y plata sobre el carguío bajo el equilibrio y cinética de adsorción. Los resultados obtenidos, muestran que la adsorbabilidad del cobre es altamente sensitiva al pH y al cianuro libre. La plata presenta menor sensibilidad, pero de igual tendencia que el cobre. También se analizan las implicancias de estos metales en los procesos de recuperación de oro.

STUDY ON COPPER AND SILVER CIANIDE ADSORPTION
ONTO ACTIVATED CARBON

The present work investigates the kinetics and equilibrium loading of copper and silver cyanide on activated carbon. The effect of process variables such as the concentrations of cyanide, copper, silver and the pH of the solution on the rate and loading were investigated. The results indicate the copper adsorption onto carbon is very sensitive to pH and free cyanide. At higher ratios of cyanide to copper, the copper loading decreased significantly. Silver adsorption was found to be promoted at decreased cyanide and pH. Silver loading capability of the carbon is higher than copper at high pH and cyanide levels.

¹ Departamento de Ingeniería Química y Metalúrgica /
Universidad Católica del Norte, Antofagasta / Chile /
Casilla 1280 Antofagasta / Chile

INTRODUCCION

El tratamiento de minerales de oro se ha incrementado notablemente en los últimos años con la implementación de métodos como la lixiviación en pilas y los basados en carbón activado para su recuperación desde las soluciones cianuradas y pulpas.

En la minería del oro en Chile, los procesos con carbón activado datan de 1981 con la puesta en marcha de la planta El Indio y actualmente se cuenta con seis instalaciones operando con técnicas CIP y/o CIC (1).

Plata y cobre son elementos que pueden estar presentes en las menas de oro a procesar. Estos elementos y otros metales (Hg, Zn, Fe, Ni, Co), se disuelven en soluciones de cianuro junto al oro en proporciones variables y por lo tanto pueden acompañar al oro en las soluciones a procesar con carbón activado. Particularmente, en las menas de Chile el cobre y plata suelen presentarse en las menas auríferas a veces con una alta concentración relativa a la del oro.

La presencia significativa de cobre y/o plata en las soluciones de oro cianurado, son desventajas en los procesos con carbón activado para recuperar eficientemente el metal precioso, por las siguientes causas (2) (3): La plata compete con el oro, aumentando los requerimientos de carbón; bajo ciertas condiciones el cobre se adsorbe notablemente constituyéndose en un contaminante problemático; el proceso global demanda mayores costos y complejidades. Aunque se han propuestos métodos de remoción de la plata y cobre mediante precipitación selectiva, estos no han encontrado acogida en la industria (4).

Cho y Pitt (5) investigaron la adsorción de argentocianuro en carbón activado, estableciendo que su adsorbabilidad se incrementa a menor pH y cianuro libre y a mayor concentración de iones calcio y sodio. La eficiencia de adsorción es menor que la del oro bajo similares condiciones. También postulan que los

iones cianuro compiten con los de plata por sitios activos del carbón. Resultados de Fleming y Nicol (6) en pruebas de laboratorio, muestran que el pH y cianuro libre son las variables más importantes que afectan la adsorción del cobre cianurado. La adsorbabilidad aumenta notablemente a pH menores que 7 y tiende a ser nula a pH superiores a 10 y alta concentración de cianuro respecto al cobre donde se favorece el mayor grado de acomplejamiento del cobre. Estudios de Boehme y Potter (3), reportan que la presencia de cobre o plata disminuyen la cinética y eficiencia de adsorción del oro.

El presente trabajo estudia las características de adsorción del cobre y plata individualmente, bajo la variación del pH y cianuro libre. Los resultados obtenidos son comparados con los disponibles en la literatura y se analiza su implicancia en los procesos de recuperación de oro.

PARTE EXPERIMENTAL

Materiales y reactivos.

El carbón activado granular empleado en el estudio es el Metsorb 551-G, fabricado por Westates Carbon Co. a partir de cáscaras de cocos. Previamente a su uso, fue acondicionado, clasificado a un rango de tamaño $-1,7/+1,0$ mm., lavado en agua destilada y secado. Soluciones individuales de cobre y plata, fueron preparadas por disolución de cobre metálico y nitrato de plata en soluciones alcalinas de cianuro de sodio. A partir de ellas se obtienen las soluciones para las pruebas deseadas. El cianuro utilizado es NaCN p.a. y como reguladores de pH se utilizan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y H_2SO_4 p.a.

Pruebas Cinéticas.

Las pruebas cinéticas de adsorción se efectuaron a 20°C en un equipo de rodillos "bottle-roll" por 60 min con 400 ml de

solución y 1.0 g de carbón. El rango de pH estudiado varió entre 7 a 10 y el cianuro libre de 50 a 600 ppm. El pH se controló mediante pHmetro con electrodo de combinación. Las muestras de solución extraídas en intervalos son filtradas y sometidas a análisis por los metales mediante espectrofotometría de adsorción atómica. El cianuro se determina mediante titulación con nitrato de plata.

Pruebas de Equilibrio.

Para evaluar los efectos del pH y cianuro libre en la adsorción de cobre y plata bajo condiciones de equilibrio, se realizaron pruebas con 1 g de carbón y 200 ml de solución contactadas por 24 h. Los niveles de las variables son las mismas de las pruebas cinéticas. Para obtener isotermas de adsorción, se realizaron una segunda serie de pruebas, por 24 h equilibrando porciones de muestra de carbón con 500 ml de soluciones conteniendo concentraciones definidas del metal a estudiar. Estas isotermas se determinan para ambos metales a 20°C, pH 10 y 100 pp de CN⁻. Las muestras de solución residual de equilibrio fueron analizadas por EAA. La carga del metal en el carbón, fué calculada por balance entre la solución inicial y final.

RESULTADOS Y DISCUSION

Adsorción de cobre.

La Fig. 1 muestra la velocidad de adsorción del cobre en cuatro niveles de pH, todas las pruebas tienen igual nivel de cianuro y cobre inicial. Para la representación comparativa se utiliza el modelo cinético de primer orden. Se aprecia que el pH presenta un efecto significativo sobre la velocidad de adsorción a valores bajo pH 9. A mayor nivel el efecto es decreciente y leve. El efecto del cianuro fue estudiado a pH inicial constante y de acuerdo a los resultados en Fig. 2 se

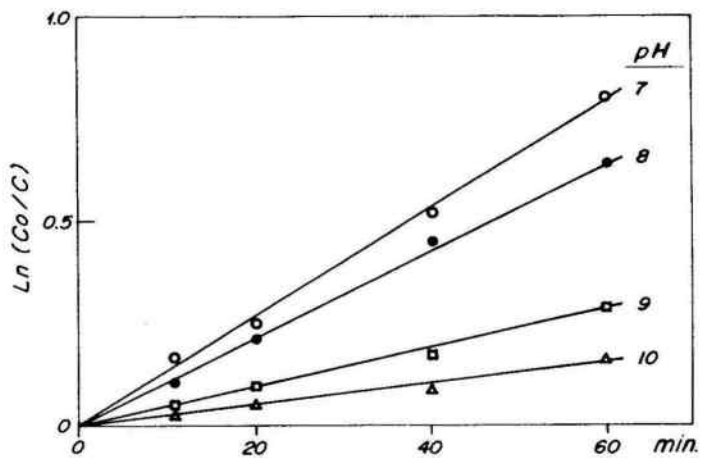


Fig. 1.- Efecto del pH en la cinética de adsorción del cobre (20°C, 100 ppm NaCN, 50 ppm Cu)

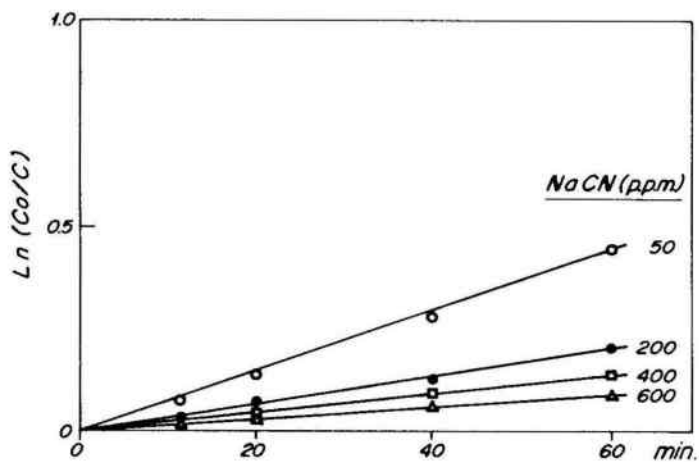


Fig. 2.- Efecto concentración cianuro libre sobre cinética adsorción del cobre (20°C, pH 10, 50 ppm Cu)

aprecia que sobre 200 ppm el efecto es leve y adverso, no así a menor nivel de cianuro donde la velocidad se incrementa significativamente. Las pruebas de carga bajo el equilibrio realizadas a diferentes niveles de pH y cianuro, indican que la eficiencia de adsorción decrece fuertemente con el incremento de pH y la concentración de cianuro como se aprecia en la Fig. 3. La adsorbabilidad del cobre está notablemente favorecida en la medida que el pH tienda a 7 y la concentración de cianuro no sea muy superior a la del cobre. Este comportamiento también fue caracterizado por Fleming y Nicol (6) para pruebas a pH 10 y 6, proponiendo que el efecto del pH está asociado con el cianuro libre, dado que el decrecimiento del pH promueve cambios en la naturaleza de los complejos de cobre en la serie $\text{Cu}(\text{CN})_4^{-3}$ - $\text{Cu}(\text{CN})_3^{-2}$ - $\text{Cu}(\text{CN})_2^{-}$. Fleming, sugiere que el $\text{Cu}(\text{CN})_2^{-}$ carga bien, mientras que los complejos de mayor grado y carga solo lo hacen levemente.

En general, la adsorción de cobre tiende a inhibirse a pH altos y altas razones de cianuro a cobre. La presencia de cobre en soluciones cianuradas a pesar de presentar problemas en ciertas operaciones de recuperación de oro, facilita en algunos procesos de detoxificación la remoción de cianuro de las soluciones, donde se agrega intencionalmente (8).

Adsorción de plata.

La cinética de adsorción de la plata, decrece con el incremento del pH o del cianuro libre, pero en forma más leve que el cobre al variar el pH entre 7 y 10 como se aprecia en Fig. 4. Sin embargo, en las pruebas a pH 10 constante, la velocidad de adsorción se incrementa notoriamente a menor nivel de cianuro según resultados de Fig. 5. El efecto del pH y cianuro sobre la cinética de adsorción de la plata, presenta una tendencia similar a la determinada para el oro por Fleming (6), postulando que los factores hidrodinámicos predominan sobre los químicos en el gobierno de la velocidad de adsorción. El efecto del pH y

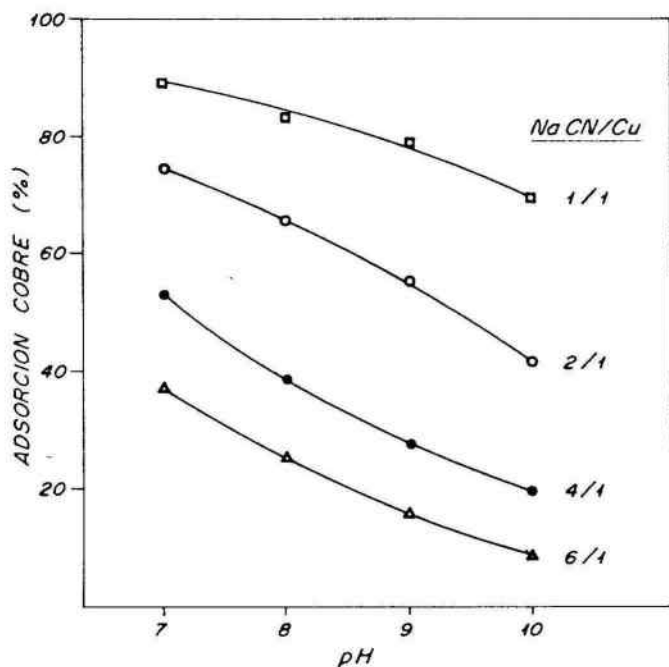


Fig. 3.- Efecto del pH y razón NaCN/Cu sobre la eficiencia de adsorción de cobre en el equilibrio (100 ppm Cu)

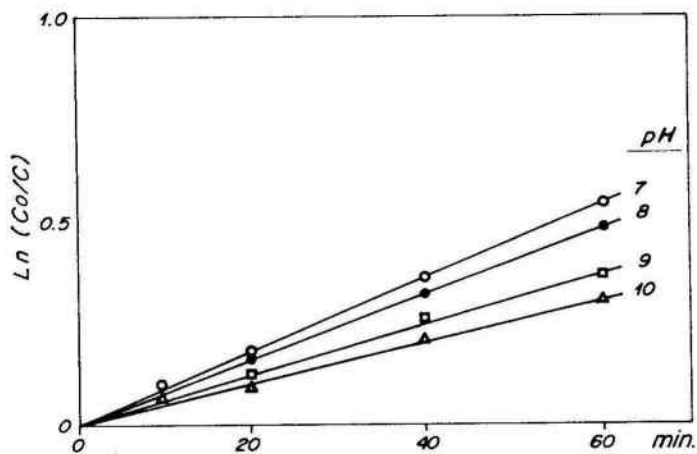


Fig. 4.- Efecto del pH sobre cinética de adsorción de la plata (20°C, 100 ppm NaCN, 50 ppm Ag).

cianuro sobre la eficiencia de adsorción en equilibrio se presenta en la Fig. 6, donde se aprecia un efecto moderado del pH y más pronunciado de la razón NaCN/Ag, demostrando que la plata disminuye su adsorbabilidad con el incremento del pH o del cianuro pero no tiende a inhibirse como resulta con el cobre. De acuerdo a Cho y Pitt (5), el efecto adverso del cianuro se debe a una competición por sitios del carbón. También de acuerdo a Izatt (7) no es posible que a las condiciones experimentales se formen complejos de mayor orden y menos adsorbibles. Para efecto comparativo de adsorbabilidad entre plata y cobre, se construyeron isotermas de Freundlich en la Fig. 7, apreciándose que a pH 10 y 100 ppm NaCN la carga de plata en el carbón es más del doble que la del cobre.

CONCLUSIONES

El efecto del pH y cianuro libre es mayor significativo en la adsorbabilidad del cobre y moderado para la plata, siendo adverso el incremento de los niveles experimentados. El cobre presenta una alta adsorbabilidad en la medida que el pH y cianuro libre decrecen y tiende a inhibirse a pH sobre 10 y NaCN/Cu sobre 4. La adsorbabilidad de la plata es más sensible a la variación del cianuro libre que respecto al pH, al parecer por efecto competitivo del cianuro. Bajo condiciones convencionales de pH y cianuro libre la capacidad de carga del carbón es mayor para la plata que para el cobre.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Católica del Norte el patrocinio del estudio y trabajos de Titulación de los Sres. Uribe y Brinkmann. A la Facultad de Ingeniería y Ciencias Geológicas las facilidades otorgadas para la publicación y presentación de este trabajo.

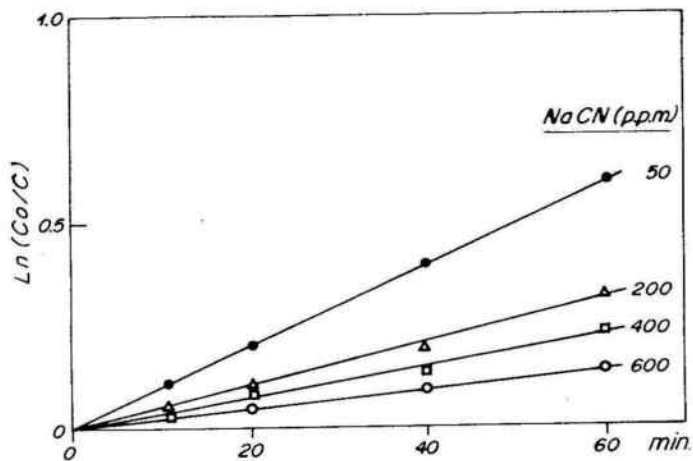


Fig. 5.- Efecto concentración cianuro libre sobre cinética adsorción de la plata (20°C, pH 10, 50 ppm Ag)

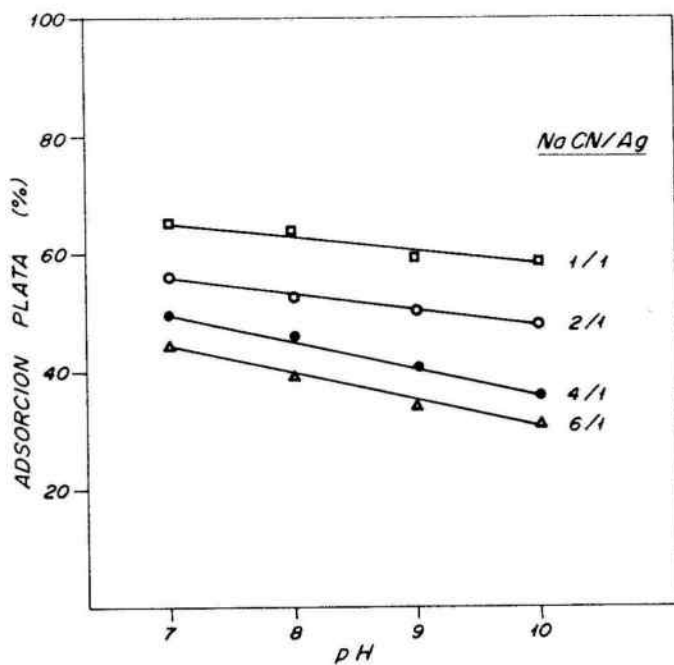


Fig. 6.- Efecto del pH y razón NaCN/Ag sobre eficiencia de adsorción de la plata en el equilibrio (50 ppm Ag)

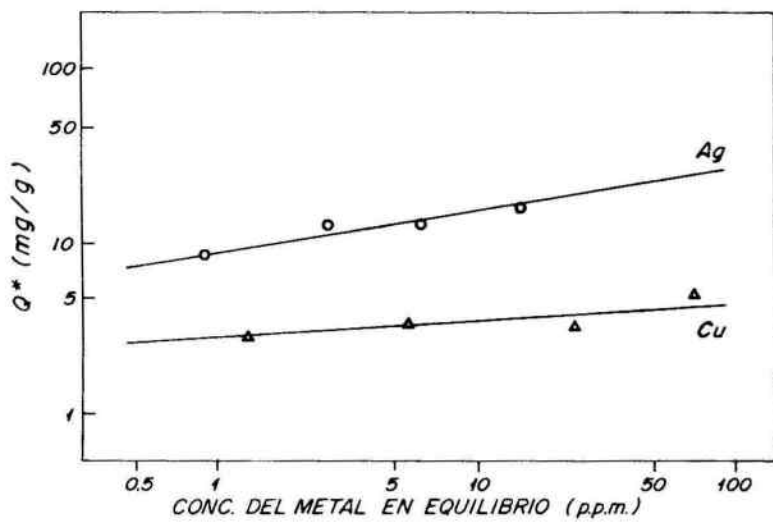


Fig. 7.- Isothermas de Freundlich para cobre y plata (20°C, pH 10, NaCN 100 ppm)

REFERENCIAS

1. Arenas A., Selección y Control de Calidad del Carbón Activado Empleado en la Recuperación de Oro. Anales 42ª Conv. Anual I.I.M.-Chile, Concepción, Octubre 1991, Vol. 2.
2. Castello M.C.; MacLean E.; Burdett E., Carbon Adsorption, Elution and EW of Gold Ores with up to 4/1 Silver to Gold Ratios. Proceedings Perth Int. Gold Conference, Randol Int., Australia, Nov. 1988, pp 273-282.
3. Boehme W.R.; Potter G., Carbon Adsorption of Gold Maximun Loading and Ionic Contaminant Effect on Loading Rates. Paper presented at the SME-AIME Fall Meeting Oct. 1983, Salt Lake City, USA.
4. Heinen H.J.; et al, Procesing Gold Ores Using Heap Leach-Carbon Adsorption Methods. USBM IC 8770, 1978.
5. Cho E.H.; Pitt C.H., The Adsorption of Silver Cyanide on Activated Carbon. Met. Trans. B, Vol. 10B, June 1979, pp 159-164.
6. Fleming C.A.; Nicol M.J. The Absorption of Gold Cyanide onto Activated Carbon III JSAIMM, Vol 84, April 1984, pp 85-93.
7. Izatt R.; et al.- Thermodynamics of Metal Cyanide Coordination. VI. Copper and Silver Cyanide. Solutions. Inorg. Chemistry Vol. 6, Nº 1, 1967, pp 132-135.
8. Huiatt J.L.; et al. Cyanide Efluents from Mineral Processing. NSF-USBM, Feb. 1982 Salt Lake City, USA.