

# Estudio del Comportamiento de Diversos Materiales en la Remoción de Cobre

Patricia Tapia, Osvaldo F. Pavez, Arturo A. Ardiles y Pilar del C. Tapia

## Resumen

Fue investigada, a escala de laboratorio, la remoción de cobre desde soluciones sintéticas utilizando un sistema de agitación batch. En este estudio se compara la efectividad de remoción de diferentes materiales orgánicos e inorgánicos (zeolita natural, bentonita, mezcla de cáscaras de nueces y almendra, algas, cáscaras de maní, aserrín, carbón activado, mezcla de conchas de moluscos, cáscaras de avellanas y cuescos de duraznos). El efecto sobre la remoción de cobre de la concentración del sorbente y el tiempo de contacto fue estudiado. Los mejores resultados fueron obtenidos con bentonita, carbón activado y mezcla de conchas de moluscos, alcanzándose remociones superiores a 99 %.

## Abstract

The removal of copper from synthetic solutions was studied at laboratory scale using an agitated batch system. In this work, the removal effectiveness of different organic and inorganic materials is compared, and they are: natural zeolite, bentonite, mixture of nut and almond shell, algae, hazelnut and peanut rind, sawdust, activated coal, mixture of mollusks shell, peach core). The effect on the copper removal of sorbent concentration and contact time was also studied. The best results were obtained with bentonite and mollusks shells, reaching removals higher to 99%.

## I INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes Generales.

Los metales son necesarios para la vida y se utilizan como micronutrientes para los seres humanos, las plantas y los microorganismos. Sin embargo, cuando la concentración de estos micronutrientes en el medio ambiente alcanza límites superiores a los permitidos, empiezan a hacerse tóxicos y a afectar el ecosistema y, por lo tanto, se consideran contaminantes

Es así, como la remoción de iones de metales pesados desde soluciones ha recibido considerable atención durante los últimos años debido a la naturaleza tóxica de los metales. La adsorción o absorción sobre sustratos sólidos ha sido estudiada am-

pliamente, destacándose los sustratos inorgánicos que incluyen óxidos y silicatos y los sustratos orgánicos que consideran resinas de intercambio iónico y ciertos componentes biológicos, tales como microorganismos y plantas.

### 1.2 Resinas de Intercambio Iónico.

En el intercambio iónico, los iones de una carga dada (cationes o aniones) en una solución, son adsorbidos por un material sólido (el intercambiador iónico), y son reemplazados por cantidades equivalentes de otros iones de la misma carga liberados por el sólido. El intercambio iónico forma la base de un gran número de procesos químicos que pueden ser divididos en tres categorías principales: sustitución, separación y remoción de iones.

**Palabras claves:** Remoción de cobre, materiales orgánicos e inorgánicos, medio ambiente.

Universidad de Atacama – Departamento de Ingeniería Metalúrgica – Avenida Copayapu 485 – Casilla 240 – Copiapó – [ptapia@demet.uda.cl](mailto:ptapia@demet.uda.cl) – [opavez@crisol.uda.cl](mailto:opavez@crisol.uda.cl)

Estudios de separación de Zn y Cu usando diferentes resinas de intercambio iónico fueron reportados por Zagorodin y colaboradores. (1997). Ferreira y colaboradores (1998) estudiaron la sorción de cobre, zinc y plomo desde soluciones acuosas con Duolita ES-346.

Recientemente Ghannadi y Marageh (1999) presentan antecedentes sobre la síntesis, propiedades de intercambio iónico y aplicaciones del silicato de Cerio (IV). Estos investigadores estudiaron en columnas las separaciones de  $\text{Cu}^{\text{II}}$ - $\text{Bi}^{\text{III}}$  y otros elementos.

### 1.3 Zeolitas

Las zeolitas tienen una amplia variedad de usos debido a sus propiedades únicas, principalmente por la red porosa de su estructura.

Los cationes, principalmente sodio, potasio, calcio, y el agua, tienen considerable libertad de movimiento dentro de la estructura, lo que da a la zeolita propiedades de intercambiador catiónico y deshidratación reversible.

En los últimos años se han estudiado diferentes zeolitas como adsorbentes en la remoción de Hg,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ , anilinas [Gaikar-Mandal-Kulkarni-1996, Katoh-Katamaya-Tomida-1999, Bostick-A nold-Burgess-1997, Lazoff-Liang-Wirz-1999].

### 1.4 Carbón Activado

La adsorción en carbón activado ha sido uno de los métodos más aceptados para la remoción de metales pesados. Entre las investigaciones realizadas recientemente se pueden destacar las siguientes: en la remoción de iones de Cd, Zn [Seca-Marsal-Gabaldon-Ferrer-1998] y iones de Co [Paajanen-Letho-Santapakka-Morneau-1997] y estudios del efecto de la acidez de la superficie de los adsorbatos en la capacidad de adsorción de carbones activados [Gazel-1996]; mezclas de carbón con conchas de cangrejo en la remoción de iones de Pb [Lee-Shin-Lee-Park-Yang-1998].

### 1.5 Componentes Biológicos

Los procesos biológicos pueden emplearse en el

tratamiento de suelos, sedimentos y aguas contaminadas con componentes inorgánicos, esto es posible porque ciertos componentes biológicos (microorganismos y plantas) pueden modificar en su medio ambiente el carácter tóxico de estos componentes.

Los microorganismos asimilan y concentran nutrientes catiónicos presentes en medios acuosos y emplean estos mismos mecanismos para la concentración de metales y radionucleídos, además pueden ser selectivos con distintos contaminantes inorgánicos.

Algunas aplicaciones serían: (a) El tratamiento de aguas ácidas de minas para eliminar Mn [Bender-Phillips-1996]. (b) La reducción de selenato a selenio elemental en la eliminación de Pb, Cd, Cu, Zn, Co, Cr, Fe, U, Mn desde el agua y la eliminación de Pb de sedimentos. (c) La biosorción de cobre desde soluciones acuosas [Chen-Yiacoumi-1997]

### 1.6 Otros materiales

Otros materiales que también se han empleado como sorbentes en la remoción de cobre serían los siguientes: (a) Fosfatos metálicos en la remoción de iones de Co, Ni y Cu [Mishra-Parida-Rao-1998]. (b) Hidróxido de Fe(III)/Cr(III) en la remoción de iones de Cu [Namasivayam-Senthilkumar-1999] y (c) Residuos de manzana [Lee-Yang-1997].

## II ESTUDIO EXPERIMENTAL

### 2.1 Materiales

En este estudio se utilizaron para la remoción de cobre 10 tipos de sorbentes (zeolita natural, bentonita, mezcla de cáscaras de nuez y almendra, algas, cáscaras de maní, aserrín, carbón activado, mezcla de conchas de moluscos, cáscaras de avellanas y cuescos de duraznos), cada uno de los materiales sorbentes se caracterizaron mediante granulometría y la densidad aparente.

Todos los reactivos químicos utilizados en este estudio fueron de calidad analítica. La solución sintética de cobre fue preparada disolviendo  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (Fluka) en agua desmineralizada. El pH de la solución se ajustó con NaOH o  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

## 2.2 Pruebas batch

Las pruebas experimentales se realizaron en vasos precipitados agitados magnéticamente. El sorbente y la solución que contenía los iones de Cu fueron mezclados a temperatura ambiente. Para cada una de las pruebas batch se utilizaron 200 cc de solución sintética con una concentración inicial de cobre de 20 mg/L (pH=5). Al finalizar cada prueba la mezcla fue filtrada en papel filtro Whatman 2. La solución recuperada fue analizada en un espectrofotómetro de absorción atómica (GBC 908) para determinar la concentración final de cobre.

## III RESULTADOS

### 3.1 Características de los sorbentes

En la tabla 1 se muestra la caracterización de los materiales sorbentes utilizados en la remoción de cobre.

**Tabla 1** - Características de los sorbentes utilizados

Sorbente	Granulometría (micrones)	Densidad Aparente (gr/cc)
Zeolita	89,83 % -1180	1,020
Bentonita	56,85% -425	0,661
Nuez-Almendra	98,70 % -1700	0,573
Algas	-	0,064
Maní	69,60 % -6300	0,132
Aserrín	63,16 % -2360	0,093
Carbón activado	28,00 % -2360	0,384
Mezcla Conchas	96,06 % -2360	1,199
Avellana	64,37 % -2360	0,285
Cuescos Durazno	68,66 % -2360	0,515

### 3.2 Efecto del tiempo de contacto

Para determinar el efecto del tiempo de contacto en la remoción porcentual de cobre se utilizó una concentración de sorbente de 20 g/L. Los resultados

se muestran en la Tabla 2. Los tiempos considerados fueron 5, 15, 30 y 60 minutos.

En la Tabla 2 se observa que la menor remoción de cobre (29,22 %) se obtuvo al utilizar zeolita para un tiempo de contacto de 5 minutos, mientras que, la mayor remoción (99,7 %) se logró al utilizar el carbón activado en tiempo de contacto de 30 minutos. Para este mismo tiempo se aprecia que la remoción de cobre alcanzada con la mezcla de conchas fue de 99,4 %, y con bentonita del orden de 98%.

En general se observa que la remoción de cobre para la mayoría de los sorbentes se incrementa a medida que aumenta el tiempo de contacto, excepto para la bentonita no se aprecia un efecto significativo del tiempo de contacto sobre la remoción, ya que se obtienen altas remociones de cobre independiente del tiempo de contacto.

**Tabla 2** .- Efecto del tiempo de contacto en la remoción porcentual de Cu (concentración del sorbente 20 g/L)

Sorbente	Tiempo (min)			
	5	15	30	60
Zeolita	29,22	48,27	66,45	59,21
Bentonita	96,94	98,92	98,13	98,92
Nuez-Almendra	36,59	49,63	65,23	65,45
Algas	45,73	47,85	51,62	53,51
Maní	50,44	61,55	65,91	67,87
Aserrín	43,47	51,82	66,65	71,98
Carbon activado	63,95	93,17	99,70	98,60
Mezcla Conchas	61,69	81,38	99,40	99,02
Avellana	44,99	51,12	49,56	55,33
Cuescos Durazno	31,29	43,36	50,29	54,96

### 3.3 Efecto de la concentración del sorbente

La Tabla 3 presenta los resultados del efecto de la concentración del sorbente sobre la remoción porcentual de cobre. El tiempo de agitación en todas las pruebas batch fue de 15 minutos, mientras que las concentraciones del sorbente fueron de 10, 20 y 40 g/L. Las mayores remociones de cobre se obtuvieron con la bentonita (sobre 96 %), independientemente de la cantidad de sorbente empleada. Mientras que, la remoción más baja (32,70 %) se obtuvo al utilizar zeolita en una concentración de 10 g/L. En general, se observa que a medida que se incrementa la concentración del sorbente desde 10 g/L hasta 40 g/L, aumenta la remoción de cobre siendo, este efecto muy significativo al emplear como sorbente la mezcla de conchas, donde se produce un incremento en la remoción desde 60,93 % hasta 99,18 %.

**Tabla 3.-** Efecto de la concentración del sorbente en la remoción porcentual de Cu (tpo de agitación 15 min.)

Sorbente	Concentración sorbente (g/L)		
	10	20	40
Zeolita	32,7	48,27	63,09
Bentonita	96,05	98,92	99,33
Nuez-Almendra	34,34	49,63	72,74
Algas	48,92	47,85	51,85
Maní	50,36	61,55	58,98
Aserrín	37,94	51,82	68,02
Carbón activado	65,45	93,17	89,17
Mezcla Conchas	60,93	81,38	99,18
Avellana	42,86	51,12	52,87
Cuescos Durazno	34,39	43,36	36,96

### IV CONCLUSIONES

1. La bentonita es el sorbente que presenta la mayor capacidad de remoción de cobre (superior a

96 %), y su rendimiento es independiente de la concentración del lecho y del tiempo de contacto.

2. Para tiempos de contacto de 60 minutos se obtuvieron remociones de cobre del orden 99 % al utilizar bentonita, carbón activado y mezcla de conchas.
3. Para una concentración del sorbente de 40 g/L la remoción de cobre alcanzada utilizando mezcla de conchas (99,13 %) es prácticamente la misma que se logra con la bentonita (99,33 %).
4. Al variar la concentración del lecho y el tiempo de contacto los más bajos rendimientos en la remoción de cobre se observan al utilizar zeolita, algas, avellana y cuescos de duraznos.
5. La remoción de cobre para la mayoría de los sorbentes aumenta cuando se incrementa el tiempo de contacto y la concentración del sorbente.

### V AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad de Atacama por el apoyo financiero del Proyecto PMIM-P03

### VI REFERENCIAS

- Bender, J. and Phillips, P. (1996), Biotratamiento de Desagües de Mina, pp. 31 -33- abril, Mining.
- Bostik, D. T., et al, (1997), The Evaluation of Sodium - Modified Chabazite Zeolite and Resorcinol - Formaldehyde Resin for the Teament of Contaminated Process Wastewater, pp 793 - 811., Sep. Sci. Technol., 32 (1-4).
- Chen, J. and Yiacoumi, S. (1997), Biosorption of Metal Iones from Aqueous Solutions, pp. 51-69, Sep. Sci. Technol., 32 (1-4).
- Ferreira, L. M., et al, (1998), Sorption of Metals by an Amidoxime Chelating Resin. Part I: Equilibrium, pp. 1585 -1604, Sep. Sci. Technol., 33 (11).

Gaikar, V. G., et al, (1996), Adsorptive Separations Using Zeolites: Separations of Substituted Anilines, pp. 259-270, Sep. Sci. Technol., 31 (2).

Gazel, F. (1996), The Effect of Surface Acidity Upon the Adsorption Capacities of Activated Carbon, pp. 283 - 290, Sep. Sci. Technol., 31 (2).

Grannadi- Marageh, et al, (1999).S. J. Separation of Ions on Columns of Cerium (IV) Silicate, a New Ion Exchanger, pp 219-229, Sep. Sci. Technol., 34 (2).

Katoh, M., et al, (1999), Effect of Temperature on Air Adsorption Onto Alkali Metal Ion- Exchange ZSM-5 Zeolites, pp.599-608, Sep. Sci. Technol., 43 (4).

Lazoff, S., et al., (1999), Dissolved Mercury Removal by Adsorption on Zeolites. Proceedings of Mercury as Global Pollutant- 5<sup>th</sup> International Conference, May 23-28, pp. 306, Rio de Janeiro,.

Lee, M., et al, (1998), Removal of Lead in a Fixed-Bed Column Packed with Activated Carbon and Crab Shell, pp. 1043-1056, Sep. Sci. Technol., 33 (7).

Lee, S. and Yang, J., (1997) Removal of Copper in Aqueous Solution by Apple Wastes, pp. 1371-1387, Sep. Sci. Technol., 32 (8).

Mishra, T. et al,(1998), Cation Exchange and Sorption Properties of Aluminium Phosphate, pp. 1057-1073, Sep. Sci. Technol., 33 (7).

Namasivayam, C. and Senthilkumar, S., (1999), Adsorption of Copper (II) by Waste Fe (III)/Cr(III) Hydroxide from Aqueous Solution and Radiator Manufacturing Industry Wastewater, pp 201-217, Sep. Sci. Technol., 32 (2).

Paajanen, A. et al,(1997), Sorption of Cobalt on Activated Carbons from Aqueous Solution, pp 813-826, Sep. Sci. Technol., 32 (1-4).

Seca, A. et al, (1998), Study of the Adsorption of Cd and Zn Onto an Activated Carbon: Influence of pH, Cation Concentration, and Adsorbent Concentration, Sep. Sci. Technol, pp. 1577-1593., 34 (8).

Zagorodni, A. A. et al, (1997), The Separation of Zn and Cu Using Chelating Ion Exchangers and Temperature Variations, pp. 413-429, Sep. Sci. Technol., 32(1-4).