

Biosorción de Iones Cobre en Biomasa Vegetal Deshidratada

M. Santander¹, O. Pávez¹ y A. Ardiles

1. Departamento de Metalurgia, Facultad de Ingeniería, Universidad de Atacama, Copiapó
msantand@demet.uda.cl.

Resumen

Este trabajo presenta los resultados de estudios realizados, para determinar la capacidad de biosorción de iones Cu^{++} de las biomásas vegetales deshidratadas: alfalfa, algas, aserrín de madera y orujo. Se realizaron cinéticas de biosorción batch y estudios en columnas de lecho fluidizado en continuo. Los resultados de las cinéticas de biosorción, en nivel batch, indica que de las cuatro biomásas estudiadas, las algas son las que presentan mayor eficiencia de remoción de iones Cu^{++} del orden de 95%. La eficiencia de remoción iones Cu^{++} del orujo, aserrín y alfalfa es inferior a 80%. Los resultados de los estudios en columna muestran que la capacidad de biosorción de las algas es del orden de 7,5 mg Cu^{++} /g de algas y la eficiencia de remoción es mayor que 99%.

Palabras claves: Biosorción de metales pesados y Remoción de iones cobre

Abstract

This work presents the results of the studies carried out, for determining the capacity of biosorption Cu^{++} ions of the dehydrated vegetal biomasses: alfalfa, seaweed, sawdust the wood and orujo. There were made kinetic of biosorption batch and studies were made in columns of bed fluidized in continuous. The results of kinetic of biosorption in level batch, indicates that of the four studied biomasses, the seaweed is the one that presents greater efficiency of removal Cu^{++} ions of the order of 95%. The efficiency of removal ions Cu^{++} of orujo, aserrin alfalfa is inferior to 80%. The results of the studies in column show that the capacity of biosorption of the seaweed is of the order of 7.5 mg Cu^{++} /g of seaweed and the efficiency of removal is greater than 99%.

Key Words: Biosorption of heavy metals and Removal copper ions

1. Introducción

Los recursos hídricos son indispensables para la mayoría de los procesos productivos y una vez utilizados son descargados al medio ambiente con sus propiedades físicas y químicas alteradas. Esto ha motivado a los organismos de control ambiental a establecer normas de descarga cada vez más estrictas. Las actividades industriales, para cumplir con estas normas, se han visto en la necesidad de tratar los residuos líquidos antes de descargarlos al medio ambiente e incluso cuando éstos son recirculados dentro del proceso, debido a que la carga contaminante genera una serie de interferencias en los procesos industriales. Entre los principales contaminantes asociados a los residuos líquidos de distintas actividades industriales, se encuentran los metales pesados.

Los métodos convencionales de tratamiento de efluentes líquidos contaminados con metales pesados como la precipitación, oxidación o reducción, filtración, intercambio iónico, tratamiento electroquímico, entre otros, la mayoría de las veces son inviables técnica y/o económicamente especialmente cuando los metales disueltos están contenidos en grandes volúmenes de agua y en concentraciones relativamente bajas. Por ejemplo, la precipitación no siempre garantiza que la concentración de metales en el efluente tratado este dentro de los niveles establecidos por las normas de emisión para descarga a aguas superficiales, marina y/o subterráneas, además se genera un residuo sólido que contiene los metales pesados. Por otro lado las resina de intercambio iónico son bastante eficientes, pero de alto costo (Bengella y Benaissa, 2002; Yalçmkaya et al., 2002).

De esta forma la mayoría de las investigaciones se han orientado a la búsqueda de procesos y materiales alternativos de bajo costo. Una metodología alternativa, se basa en la capacidad de adsorción de compuestos catiónicos por matrices de origen biológico (Torma et al., 1996). La aplicación de esta tecnología ha tenido buenos resultados y presenta la ventaja de ser una práctica ambientalmente favorable, de bajo costo y que permite recuperar los metales una vez que éstos han

sido "atrapados" por la matriz. Las tecnologías que utilizan procesos de biosorción son operacional y económicamente competitivas porque la generación de biomasa adecuada para el proceso, ya sean microorganismos o material vegetal, es rápida y de fácil acceso (Nedelkoska and Doran, 2000). La factibilidad comercial de la remoción de metales y compuestos orgánicos mediante procesos de biosorción es atractiva ya que, en algunos casos, se puede utilizar biomasa derivada de otros procesos industriales y manipulada, ya sea, física o químicamente para mejorar sus propiedades de biosorción (Bustard and McHale, 1998; Simmons and Singleton, 1996). De esta manera, la utilización de elementos de origen biológico, se propone como un proceso de tratamiento rentable que puede hacer descender el nivel de materiales tóxicos por debajo de los niveles máximos permitidos para disminuir la potencial contaminación de los recursos hídricos disponibles y posibilitar que las aguas recuperadas puedan albergar vida silvestre o ser utilizadas para la agricultura.

2. Desarrollo experimental

2.1 Preparación de Efluentes Sintéticos

El efluente sintético con una concentración de 20 mg/L de Cu^{2+} fue preparado disolviendo $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, p.a. de 99% de pureza, marca Fluka, en agua desmineralizada.

2.2 Reactivos

Como modificador de pH fue utilizado hidróxido de sodio NaOH, p.a, marca Merck y ácido sulfúrico H_2SO_4 , p.a, marca Merck. Además se utilizó ácido clorhídrico HCl, p.a marca Merck, para la regeneración del biosorbente. Todos los reactivos fueron preparados con agua desmineralizada.

2.3 Preparación de la Biomasa Vegetal

Los biosorbentes vegetales utilizados fueron preparados a partir de las biomásas vegetales obtenidas de alfalfa, algas, aserrín de madera y orujo. La alfalfa es una planta que se cultiva como forraje, fue obtenida del Fundo San Pedro, gentileza de INIA Inthuasi. Las algas

fueron recolectadas en el litoral de la región de Atacama. El aserrín de madera fue colectado en el taller de mueblería de la Universidad de Atacama. El orujo es un desecho de la producción de aceite de oliva, fue recolectado en la provincia del Huasco.

La Figura 1 muestra esquemáticamente la metodología de preparación de la biomasa. Primero fue secada a temperatura ambiente, luego deshidratada en una estufa a 80°C y posteriormente reducida a una granulometría -6+16 #ASTM.

2.4. Cinéticas de Biosorción

Para seleccionar la biomasa vegetal con mayor capacidad de biosorción se realizaron cinéticas de biosorción.

Para los ensayos de cinética de biosorción se utilizaron vasos precipitados de 1000 mL, conteniendo 400 mL de efluente sintético. El pH fue ajustado después de la adición del biosorbente con una solución de NaOH o H₂SO₄. Los experimentos fueron ejecutados a temperatura ambiente usando un agitador magnético (a 400 rpm). Una vez finalizada la etapa de contacto se realizó la separación sólido/líquido mediante filtración al vacío utilizando papel Filtro Whatman N°2. Una alícuota del líquido filtrado fue colectada como muestra y acidificada con HNO₃ 50% para posteriormente ser analizada por adsorción atómica. La Figura 2 muestra el dispositivo experimental utilizado en las cinéticas de biosorción.

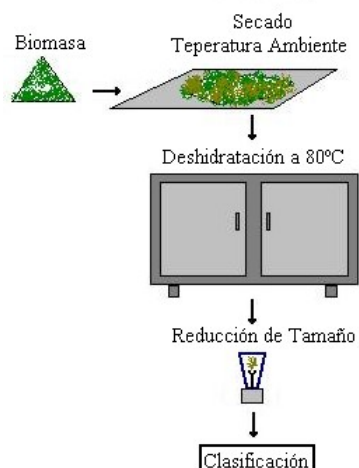


Figura 1: Esquema preparación de biomasa

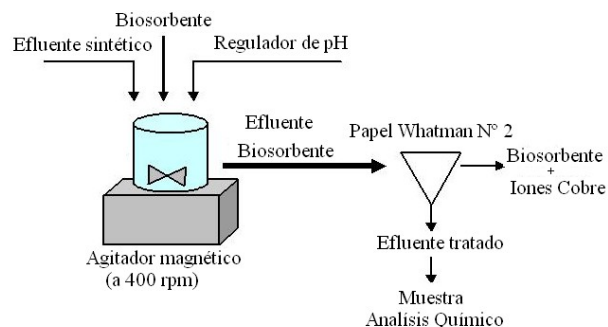


Figura 2: Representación esquemática del dispositivo experimental utilizado en las cinéticas de biosorción.

Una vez seleccionado el biosorbente con mayor capacidad de biosorción, se realizaron ensayos en columnas de lecho fluidizado. Cada columna fue rellena con 55 g de biosorbente. La Figura 3 representa esquemáticamente el dispositivo experimental, éste consiste en un estanque de 20 L de capacidad, para el acondicionamiento del efluente y tres columnas cilíndricas de material plástico conectadas en serie, cada columna tiene una altura de 28 cm y un diámetro de 4,5 cm. El estanque y las columnas conectados entre sí, a través de una tubería de PVC, la que dispone de un flujómetro con válvula reguladora entre el estanque y las columnas. Para alimentación desde el estanque hacia las columnas se utilizó una bomba peristáltica marca Masterflex Modelo 7520-47. La alimentación del efluente se hizo en forma ascendente a un flujo constante de 0,14 L/min. Alícuotas de muestra fueron colectadas de cada columna en función del tiempo.

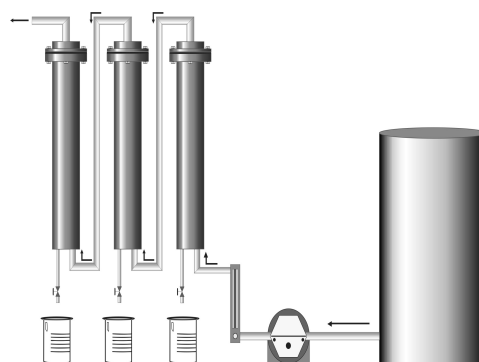


Figura 3: Unidad continua de biosorción de metales pesados.

Una vez finalizado el ensayo de biosorción las columna fueron sometidas a un ciclo de desorción (regeneración). Como regenerante se utilizó una solución de HCl al 0,5%. El volumen de regenerante utilizado corresponde a 11% del efluente tratado en los ensayos de biosorción. Al final del ciclo de regeneración el biosorbente fue lavado con agua destilada.

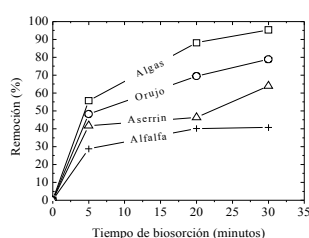
Después de la etapa de regeneración, se hicieron nuevos ensayos de biosorción con el proposito de verificar si el biosorbente regenerado mantenía su capacidad de biosorción.

La concentración de iones Cu^{++} en el efluente alimentado y en el efluentes tratado fueron determinadas en un espectrofotómetro de absorción atómica. El % de remoción de iones cobre fue determinado mediante la siguiente relación: $\% \text{ Remoción} = ((\text{Co} - \text{Cf}) / \text{Co}) \times 100$

3. Resultados y discusión

3.1. Cinéticas de Biosorción

La Figura 4 presenta la cinética de biosorción de Cu^{++} , para los diferentes biosorbentes. Los ensayos fueron realizados bajo las siguientes condiciones experimentales: concentración inicial de iones Cu^{++} 20,36 mg/L, pH=5 y concentración de biosorbente 20 g/L.



En la Figura 4 se observa que de los cuatro biosorbentes estudiados las algas son las que presentan mayor capacidad de biosorción, alcanzando un porcentaje de remoción del orden de 95% después de 30 min. En la figura también se observa que la cinética de biosorción es significativa en los primeros 5 minutos, alcanzándose eficiencias de remoción 56%. La eficiencia de remoción para

el orujo, aserrín de madera y alfalfa, a los 30 min de contacto no supera el 80%.

Los resultados de las cinéticas de biosorción, también muestran que a los 30 minutos de contacto la capacidad de biosorción en orden decreciente es la siguiente: 0,97 mg de Cu^{++} /g de algas; 0,83 mg de Cu^{++} /g de orujo; 0,65 mg de Cu^{++} /g de aserrín y 0,42 mg de Cu^{++} /g de alfalfa.

3.2. Ensayos de Biosorción en Columna

La Figura 5 muestra la curva de saturación obtenida en los estudios de biosorción en columnas. En la figura se observa que el punto de ruptura, punto en el cual la concentración de iones Cu^{++} en el efluente tratado se encuentra entre un 5-10% de la concentración inicial y el punto de saturación; punto en el cual la concentración de iones cobre en el efluente tratado se encuentra entre un 90-95% de la concentración inicial, tanto en el primer ciclo de biosorción, algas virgen, y en el segundo ciclo de biosorción, algas regeneradas, se produce para un mismo volumen de efluente tratado. El punto de ruptura se alcanza después de haber tratado 21 L y el punto de saturación después de haber tratado 65 L. Este resultado muestra que las algas regeneradas tienen la misma capacidad de biosorción que las algas virgen. Considerando que la masa total del biosorbente en las tres columna es 165 g y que la cantidad de total de cobre retenido 1244 mg; la capacidad de biosorción de las algas es 7,5 mg Cu^{++} /g de algas.

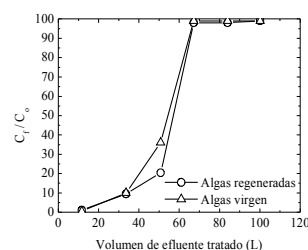


Figura 5: Curva de ruptura obtenida en los ensayos de biosorción en columna.

La Figura 6 presenta los resultados de los ensayos realizados para medir la capacidad de retención de iones Cu^{++} de cada columna individual. En la figura se observa que cuando la columna 1, se encuentra muy cerca de alcanzar su punto de saturación, o sea, una concentración iones Cu^{++} del orden de 18 mg/L, la columna 2 se encuentra muy cerca de alcanzar el punto de ruptura, es decir, una concentración de iones Cu^{++} del orden de 2 mg/L, la columna 3 produce un efluente tratado con una concentración de iones inferior a 0,1 mg/L, lo que equivale a remover un 99% de los iones Cu^{++} . Por lo tanto bajo estas condiciones experimentales la primera columna de la serie debería someterse a ciclos de regeneración cada dos horas.

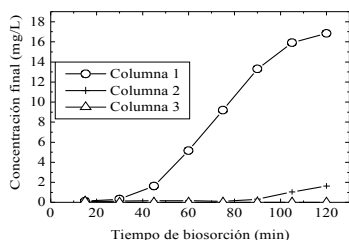


Figura 6: Efecto del tiempo de contacto en la concentración final de iones cobre en cada columna.

4. Conclusiones

Los resultados de las cinéticas de biosorción muestran que para un tiempo de contacto de 30 minutos las algas remueven un 95% de los iones Cu^{++} .

La eficiencia de remoción del orujo, aserrín y alfalfa a los 30 minutos de contacto es inferior a 80%.

Los resultados de los estudios en columna muestran que la capacidad de biosorción de las algas es del orden de 7,5 mg Cu^{++} /g de algas y la eficiencia de remoción es mayor que 99%.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero aportado por la Universidad de Atacama para el desarrollo de este trabajo y agradecen la colaboración del Sr. Bruno Zazzali por su apoyo en la construcción de la columna de lecho fluidizado.

5. Referencias

Bengella, B. and Benaissa, H. Effects of competing cations on cadmium biosorption by chitin, *Colloids and Surfaces*, 2001, 143-150, 2002.

Yalçmkaya, Y., Soysal, L., Denizli., Arica, M.Y. and Bektas, Genç, O. Biosorption of cadmium from aquatic systems by carboxymethylcellulose and immobilized *Trametes versicolor*, *Hydrometallurgy*, 63, 31-40, 2002.

Bustard M. and McHale A.P. Biosorption of heavy metals by distillery-derived biomass. *Bioprocess Engineering*, 19: 351-353, 1998.

Nedelkoska T.V. & Doran P.M. Characteristics of heavy metal uptake by plant species with potential for phytoremediation and phytomining. *Minerals Engineering*, 13: 549-561, 2000.

Simmons P. & Singleton I. A method to increase silver biosorption by an industrial strain of *Saccharomyces cerevisiae*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 45:278-285, 1996.

Torma G.A., Hsu P-Ch., and Torma. Remediation Processes for Heavy Metals Contaminated Soils. Second International Symposium on Extraction and Processing for the Treatment and Minimization of Wastes. Edited by V. Ramachandran and C.C. Nesbitt. The Minerals, Metals & Materials Society, 289-304, 1996.