

## Estudio de la Cinética de Adsorción de Cu y Hg a partir de soluciones binarias usando Quitosana

Matus, I, Paniagua, L, Benavente, M  
Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Química  
Managua, Nicaragua, E-mail: [benam@kth.se](mailto:benam@kth.se)

### 1. Introducción

Debido a la creciente afectación de los recursos hídricos por la contaminación de metales pesados y a la escasez del vital líquido, es preciso encontrar métodos viables y de bajo costo, como la bioadsorción, para reducir la presencia de estos metales en el agua. Estudios realizados <sup>[1,2]</sup> han demostrado que la quitosana, un biopolímero, es efectiva en la remoción de metales. Sin embargo, estos estudios se basan en sistemas conteniendo un ión metálico. Para la aplicación de la quitosana en sistemas de tratamiento de aguas naturales y/o residuales es necesario tener información acerca de la interacción entre los iones metálicos con el adsorbente y la influencia de otros iones presentes simultáneamente en el sistema. El objetivo de este trabajo fue estudiar la cinética de adsorción de los iones Cu(II) y Hg(II) en quitosana cuando están presentes simultáneamente en la solución, a diferentes condiciones: concentración inicial de los iones metálicos, velocidad de agitación y tamaño de partícula del adsorbente. Este conocimiento podrá ser utilizado en la aplicación de la quitosana como un filtro de intercambio iónico en sistemas de tratamiento de aguas naturales y residuales, y de esta forma contribuir a la disminución de la contaminación en los ecosistemas acuáticos.

### 2. Resultados y Discusión

En sistemas binarios, la adsorción de Cu(II) y Hg(II) en la quitosana puede depender de la afinidad del solvente por el soluto, concentración del ión metálico, velocidad de agitación, tamaño de partícula y la disponibilidad de los sitios activos en el adsorbente. Para evaluar estos factores, este estudio se llevó a cabo a las concentraciones iniciales de 1, 20 y 50 mg/L para Cu(II) y 1, 5 y 20 mg/L para Hg(II); los tamaños de partículas fueron de <0.22 y 0.22–0.45 mm y las velocidades de agitación de 300 y 600 rpm. El análisis de Cu(II) y Hg(II) en la solución fue realizada por Adsorción Atómica y la técnica de vapor frío, respectivamente.

Los resultados muestran que se obtuvo un alto porcentaje de adsorción (~100%) con soluciones de 1 mg/L de Cu(II) y Hg(II), indicando que la velocidad de agitación y el tamaño de partículas no influyen en la adsorción. Para el Cu(II), a 20 y 50 mg/L, se obtuvo la mayor adsorción (91.4 y 93.7%, respectivamente) a <0.22 mm y 600 rpm. Los resultados también indican que la adsorción se ve más afectada por la velocidad de agitación y el tamaño de partículas cuando se incrementa la concentración de Cu(II). Para el Hg(II), a 5 y 20 mg/L también se alcanza un alto porcentaje de adsorción (~99%). Sin embargo, se observa que al mayor tamaño de partículas, a 300 y 600 rpm, la adsorción es ligeramente más baja. Esto indica que el tamaño de partículas influye poco en la adsorción. Al comparar la velocidad de adsorción de ambos iones metálicos, se observa que ésta es más rápida para los iones Hg,

alcanzando más rápidamente al equilibrio. Esto puede deberse a que las concentraciones de Hg son más bajas, permitiendo que éste se adsorba primero; además, de acuerdo a la máxima capacidad de adsorción, la quitosana tiene mayor preferencia por este ión [3].

Para identificar el mecanismo controlante en la velocidad de adsorción, se aplicaron los modelos de pseudo-primero orden, pseudo-segundo orden y difusión Intrapartícula [4]. Los parámetros: la capacidad de adsorción en el equilibrio ( $q_e$ ), la constante de velocidad de adsorción de pseudo-primero orden ( $k_1$ ) y la constante de velocidad de adsorción de pseudo-segundo orden ( $k_2$ ) fueron determinados. El Coeficiente de Pearson ( $r$ ) fue usado para comprobar el ajuste de cada modelo [5]. Los resultados indicaron que el modelo de pseudo-primero orden describe mejor la cinética de adsorción del Cu(II) en soluciones de 1 mg/L, excepto a 0.22-0.45 mm y 300 rpm; así también, para 50 mg/L, a 0.22-0.45 mm y 600 rpm, este modelo describe mejor la cinética de adsorción; lo cual indica que la difusión en el film es el mecanismo controlante. Al evaluar los datos de 20 y 50 mg/L, excepto el caso anterior, se obtuvo que el modelo que mejor describe la cinética es el de pseudo-segundo orden; esto significa que el paso controlante es la adsorción química. En la aplicación de los modelos a los datos del Hg(II), se encontró que para 1 mg/L, el valor de  $r$  no fue suficiente para evaluar la validez del modelo ( $r \approx 1$ ); por ello, se usó la desviación estándar ( $\sigma_q$ ) para su valoración. Los resultados indican que  $\sigma_q$  es más bajo para el modelo de pseudo-primero orden en los primeros 30 min.; mientras que a tiempos  $> 30$  min.,  $\sigma_q$  es más bajo para el modelo de pseudo-segundo orden. Para concentraciones iniciales de 5 y 20 mg/L, se observa que en la mayoría de los casos los valores de  $r$  son mayores para el modelo de pseudo-segundo orden. Al aplicar el modelo de Difusión Intrapartícula a los datos de Cu(II) se obtuvo que para 1 mg/L, y para 20 y 50 mg/L, a  $< 0.22$  mm, los gráficos muestran dos secciones: la primera correspondiente a la adsorción gradual y la segunda, al estado de equilibrio final. Para 20 y 50 mg/L, a 0.22-0.45 mm, los gráficos indican una etapa, en la cual la difusión intrapartícula es el factor controlante. En la aplicación de este modelo para el Hg(II) a 1 mg/L, el gráfico mostró una etapa, indicando el equilibrio donde la difusión Intrapartícula disminuye debido a la baja concentración del ión. Mientras a 5 y 20 mg/L, los gráficos muestran dos etapas: la primera donde se da una adsorción gradual, y la segunda, indicando el equilibrio final.

### 3. Conclusiones

Los iones metálicos fueron eficazmente adsorbidos en la quitosana a  $< 0.22$  mm y 600 rpm; obteniendo una adsorción entre 91–100 % para Cu y entre 99–100 % para Hg. La adsorción de Cu(II) se ve influenciado por la velocidad de agitación y el tamaño de partícula ya que a medida que aumenta la concentración del ión, la adsorción disminuye. El mecanismo cinético de adsorción depende grandemente de las condiciones de trabajo: concentración, tamaño de partícula y velocidad de agitación.

### 4. Bibliografía

- a. Álvarez, E., 2007, "Determinación de Isotermas de Adsorción de Hierro, Cobre y Zinc en Quitosana", Trabajo monográfico para optar al título de Ingeniero Químico, Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, Nicaragua.
- b. Benavente, M., Sjören, A. y Martínez, J., 2007, "Remoción de Mercurio de Efluentes Mineros por Biosorción: un Caso de Estudio en la Ciudad de La Libertad, Chontales, Nicaragua", Nexa J, vol. 20(02): 47–55.
- c. Benavente, M., 2008, "Adsorption of Metallic Ions onto Chitosan: Equilibrium and Kinetic Studies", Licentiate Thesis in Chemical Engineering, Stockholm, Sweden.
- d. Gerente, C., Lee, V.K.C., Le Cloriec, P. y Mckay, G., 2007, "Application of Chitosan for the Removal of Metals from Wastewaters by Adsorption – Mechanisms and Models Review", Crit Rev Environ Sci Technol, vol. 37: 41–127.
- e. Wikipedia, 2010, "Correlación de Pearson", [http://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente\\_de\\_correlación\\_de\\_Pearson](http://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente_de_correlación_de_Pearson) [Consultado: Febrero, 2010].