

## BIOSORCIÓN DEL COBRE (II) POR EL ALGA MARINA PRETRATADA *Lessonia trabeculata*

Jilver Rivera, Nelson Tapia, Víctor Caja, Alejandro Yarango,  
Iris Reyes, Ale Borja y Anibal Figueroa

Facultad de Química e Ing. Química. Universidad Nacional Mayor de San Marcos

### RESUMEN

Se han determinado las condiciones de máxima biosorción del Cobre (II) sobre alga seca *Lessonia trabeculata*. La óptima biosorción se obtuvo a pH= 4.0, concentración inicial = 500mg/l, tamaño de partícula del biosorbente ( $250 < P < 500$   $\mu$ m). Los resultados experimentales fueron tratados con los modelos matemáticos de Freundlich y Langmuir. La máxima capacidad de adsorción fue  $q_m = 90,54$  mg/g.

**Palabras clave:** Biosorción, cobre Cu(II), *Lessonia trabeculata*.

### ABSTRACT

The conditions of maximum biosorption of Copper (II) have been determined on dry algae *Lessonia trabeculata*. The optimal biosorption has been obtained at pH = 4,0, initial concentration = 500mg/l, size of particle of biosorbent ( $250 < P < 500$   $\mu$ m). The adsorption isotherms fitted well with Langmuir and Freundlich models. The maximum adsorption was determined to be  $q_m = 90,54$  mg/g.

**Keywords:** Biosorption, Copper Cu(II), seaweed *Lessonia trabeculata*.

### INTRODUCCIÓN

El uso de materiales biológicos para la eliminación de metales pesados, a partir de soluciones diluidas, se está estudiando intensamente en los últimos años debido a su bajo costo<sup>(1-10)</sup>. Los métodos químicos resultan costosos debido a que el agente activo no puede ser recuperado para su posterior reutilización. Además, el producto final es un lodo con alta concentración de metales lo que dificulta su eliminación. Los microorganismos y demás sistemas biológicos son bioacumuladores muy eficientes de metales solubles, especialmente, a partir de concentraciones diluidas. Por esta razón las tecnologías basadas en el uso de microorganismos ofrecen una alternativa a las técnicas convencionales. Muchos metales pesados son

esenciales para el crecimiento y el metabolismo de los sistemas biológicos en bajas concentraciones, tales como Cu, Zn, Mn; mientras que a otros no se les conoce función biológica: Au, Ag, Pb, Cd. Una característica de estos metales y de elementos relacionados es que pueden ser altamente tóxicos para las células vivas. Por lo tanto, si se considera el uso de células vivas para un sistema de eliminación de metales, la toxicidad puede conducir a su envenenamiento e inactivación. El uso de biomasa muerta o productos derivados de ella elimina el problema de la toxicidad, no solo provocada por metales disueltos, sino también por condiciones adversas de operación. Las biomásas muertas (o sus productos) son puestas en contacto con una solución del metal y, una vez

que éste ha sido removido, la biomasa se puede recuperar utilizando reactivos químicos que desplacen al ion del metal adsorbido.

En el presente trabajo se estudia las condiciones óptimas para la remoción de Cu (II), a partir de soluciones diluidas por el alga marina *Lessonia trabeculata*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las sales usadas en la preparación de las soluciones fueron de grado analítico:  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . El pH de las soluciones se ajustó usando soluciones 0.01M de NaOH y HCl. Las muestras de Cu (II) antes y después del proceso de biosorción se analizaron usando el método espectrofotométrico, ( $\lambda = 615 \text{ nm}$ ), utilizando como reactivo<sup>(10-12)</sup> una solución de amoníaco  $\text{NH}_3$  al 30% w/v, el cual da un complejo de color azul con el Cu(II).

### Tratamiento del alga

El alga *Lessonia trabeculata* fue extraída de la costa de Pisco y se secó al medio ambiente durante 48 horas. El alga seca se lavó varias veces con agua desionizada para eliminar las diferentes impurezas. Después se volvió a secar en una estufa a 40 °C durante 10 horas y se trituró hasta alcanzar el tamaño de partícula de ( $P_1 < 180 \text{ um}$ ), ( $180 < P_2 < 250 \text{ um}$ ) y ( $250 < P_3 < 500 \text{ um}$ ). De la masa triturada se tomó 25 g y se trató con 500mL de 0.2M  $\text{CaCl}_2$ ; la mezcla obtenida se agitó moderadamente en un agitador magnético a 150 rpm durante 24 horas. Después se volvió a lavar varias veces con agua desionizada para eliminar el exceso de cloruro y calcio, la biomasa tratada se filtró y se secó en una estufa a 40 °C durante 10 h.

### Isotermas de biosorción en función de la masa de adsorbente

De la biomasa tratada con calcio se tomaron muestras de 0.1, 0.2, 0.3, 0.35 g y se colocaron en envases de plásticos de polietileno, a los cuales se les agregó 100 ml de  $\text{CuCl}_2$  de diferentes concentraciones (200 hasta 800 ppm). El pH de la solución se mantuvo cons-

tante durante el proceso de biosorción con soluciones de 0.01M de HCl y NaOH.

Los envases se colocaron en un agitador rotatorio a 150 rpm durante 48 horas, después de este tiempo las soluciones se filtraron. Para el análisis del contenido de Cu (II) antes y después de la biosorción se utilizó el método espectrofotométrico anteriormente mencionado. Los resultados se muestran en la Figura N.º 2.

### Isotermas de adsorción en función del tamaño de partícula del adsorbente

Se prepararon soluciones de Cu (II) de 200 a 800 ppm de cada tipo de partícula ( $P_1 < 180 \text{ um}$ ,  $180 < P_2 < 250 \text{ um}$  y  $250 < P_3 < 500 \text{ um}$ ), se tomaron muestras de 0.1 g y se colocaron en 6 envases de plásticos (3 series). A cada serie se le agregó secuencialmente 100 mL de las soluciones preparadas. Las condiciones del proceso fueron pH=4, agitación 150 rpm, tiempo de agitación 48 h. Los resultados se muestran en la Figura N.º 1.

### Isotermas de biosorción

Generalmente, para el tratamiento de los datos experimentales, obtenidos a partir del estudio de la biosorción de iones de metales por diferentes biosorbentes, se utilizan las ecuaciones de adsorción de Freundlich y Langmuir. Para determinar la cantidad de sustancia retenida se utiliza la relación:

$$q = \frac{(C_i - C_f)V}{m} \quad (1)$$

Donde  $C_i$  es la concentración inicial del adsorbato (mg/L),  $C_f$  es la concentración del adsorbato (mg/L) cuando el sistema alcanza el equilibrio,  $V$  es el volumen que se ha tomado para realizar la adsorción (L),  $m$  es la masa del biosorbente seco (g).

### Isoterma de Langmuir

Se expresa mediante la función matemática:

$$q = \frac{q_m b C}{1 + b C} \quad (2)$$

Donde  $q$  es la concentración de adsorbato retenido por unidad de masa adsorbente, mg /g,  $C$  es la concentración de adsorbato en la solución en el equilibrio (mg /L),  $q_m$  es la capacidad máxima de adsorción (mg /g),  $b$  es la constante de Langmuir de afinidad energética.

La linealización de la ecuación nos permite calcular las constantes  $b$  y  $q_m$ .

$$C/q = 1/bq_m + C/q_m \quad (3)$$

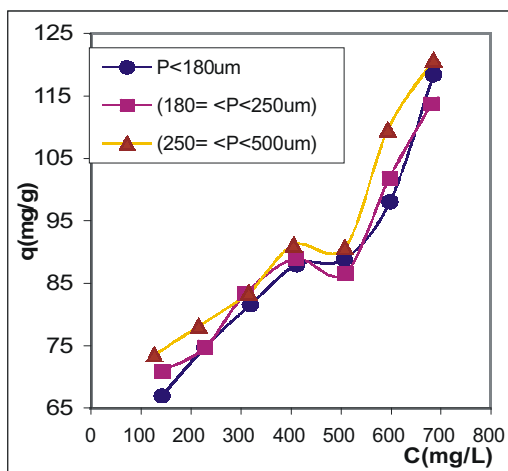
### Isoterma de Freundlich

Modelo empírico en sistemas sólido-líquido

$$q = K_f C^n \quad (4)$$

Donde  $K_f$  es la constante de capacidad y  $n$  es la constante de intensidad;  $K_f$  y  $n$  dependen de la naturaleza del adsorbente, del adsorbato y de las condiciones del proceso, la ecuación linealizada

$$\ln q = \ln K + \frac{\ln C}{n} \quad (5)$$



**Figura N.º 1.** Isoterma de biosorción del Cu (II) en el alga *L. Trabeculata*. Función del tamaño de partícula a 150 rpm, 48 horas, pH= 4.0 y 0.1g biosorbente.

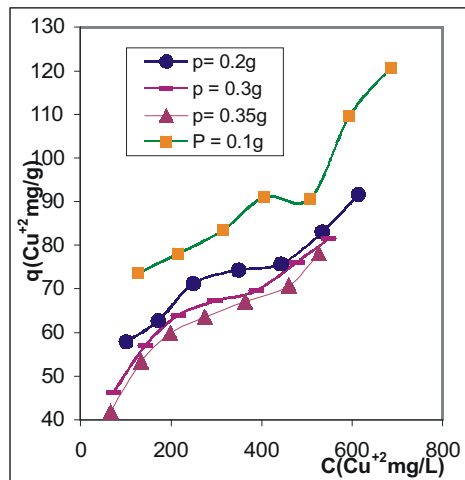
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Efecto del tamaño de la partícula en la biosorción

En la figura N.º 1 se muestra la adsorción de Cu(II) en función del tamaño de la partícula: Para el tamaño de partícula de ( $P_1 < 180\mu m$ ), ( $180 < P_2 < 250\mu m$ ) y ( $250 < P_3 < 500\mu m$ ). De la gráfica experimental se deduce que la mayor capacidad de biosorción corresponde al tipo de partícula  $P_3$  ( $250 < P_3 < 500\mu m$ ), para la cual  $q_m = 90,58$  mg/g. Para los otros tipos de partícula se obtuvo lo siguiente: Para  $P_2$ ,  $q_m = 88,94$  mg/g y para  $P_1$ ,  $q_m = 86$  mg/g. Este resultado se debe a que las partículas  $P_3$  presentan mayor estabilidad mecánica y menor lixiviación de los biopolímeros que forman al gránulo de la biomasa.

### Efecto de la masa del biosorbente

En la figura N.º 2 se muestran los resultados experimentales de la biosorción del Cu (II) en función de la masa del bioadsorbente. Las condiciones experimentales fueron tamaño de partícula  $250 < P_3 < 500\mu m$ , pH = 4,0, volumen de la solución 100 ml, agitación 150 rpm



**Figura N.º 2.** Isoterma de biosorción del Cu (II) en el alga *L. Trabeculata*, en función de la cantidad de biosorbente a 150 rpm, 48 horas, ( $250 < P_3 < 500\mu m$ ) y pH= 4.0

y tiempo de adsorción 48 horas. De la gráfica se deduce que la masa óptima para llevar a cabo el proceso de adsorción es  $m=0,1$  g.

### Isotermas lineal de adsorción de Freundlich y Langmuir

En la Figura N.º 3 se muestran las isotermas de adsorción, tratadas con la ecuación lineal de Langmuir, en función del tamaño de las partículas del adsorbente. Se determinó que la máxima capacidad de adsorción es para el tamaño de partícula  $250 < P_3 < 500\mu\text{m}$ ,  $q_m = 90,58$  mg/g. Para los demás tipos se tiene:

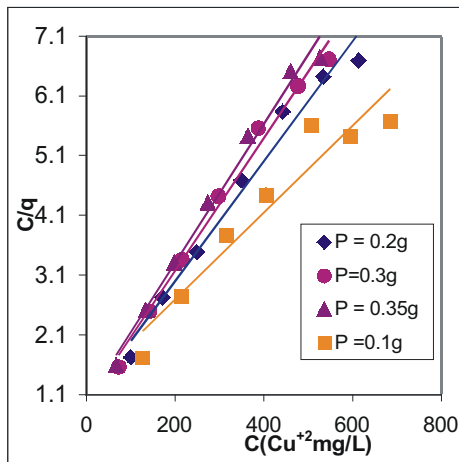


Figura N.º 3. La isoterma de adsorción lineal de Langmuir del Cu (II) por la *Lessonia trabeculata* pretratada.

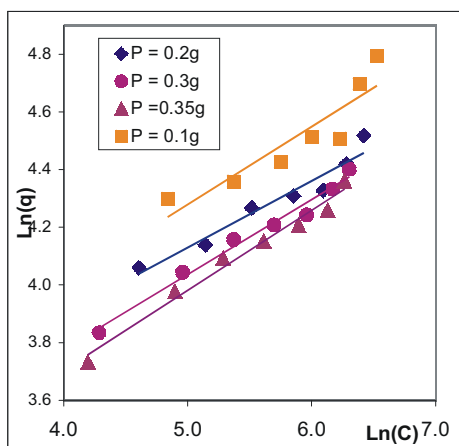


Figura N.º 4. La isoterma de adsorción lineal de Freundlich del Cu (II) por la *Lessonia trabeculata* pretratada.

$P_1 < 180\mu\text{m}$ ,  $q_m = 86$  mg/g y  $180 < P_2 < 250\mu\text{m}$ ,  $q_m = 88,44$  mg/g.

En la Figura N.º 4 se muestran las isotermas de adsorción en función de la masa del adsorbente, tratadas con la ecuación lineal de Freundlich. De esta gráfica se deduce que las condiciones óptimas para el proceso de adsorción de Cu (II) por el alga marina *Lessonia trabeculata* son:  $m = 0,1$ g, tamaño de partícula  $250 < P_3 < 500\mu\text{m}$ ,  $\text{pH}=4$ , agitación 150 rpm. Las constantes de la ecuación de Freundlich son  $K = 22,29$  y  $n = 3,73$ .

### CONCLUSIONES

1. El tratamiento del alga marina *Lessonia trabeculata* seca y triturada con una solución 0,2 M de cloruro de calcio permite obtener partículas con gran estabilidad mecánica y una disminución drástica del grado de hinchamiento y lixiviación de los biopolímeros que forman el alga.
2. A partir del análisis de los datos experimentales de la adsorción de Cu(II) por el alga *Lessonia trabeculata*, se ha determinado que las condiciones óptimas son  $\text{pH} = 4$ , tamaño de partícula  $250 < P_3 < 500\mu\text{m}$ , masa del adsorbente 0,1 g y agitación 150 rpm.
3. A partir del tratamiento de los datos experimentales con la ecuación lineal de Langmuir, se determinó que la máxima capacidad de adsorción es  $q_m = 90,58$  mg/g.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Z.R. Holand and Volesky. «Biosorption of Lead and Nickel by biomass of marine algal». J. Biotechnol. Bioeng, Vol 43, p.1001-9, (1999).
- [2] Donmez G. C., Aksu Z., Ozturk A, T. Kutsal A. «Comparative study on heavy metal biosorption characteristics of some algae». J. Process Biochemistry, Vol 34 p. 885-892 (1999).
- [3] Figueira M.N., Volesky B. « Biosorption of metals in Brown seaweed biomass». Wat. Res. Vol 34, N.º 1, p.196-204, (2000).

- [4] Rubio J., I. Schneider, W. Aliaga «New processes for heavy metals separation from waste water streams in the mining industry». Proc. III Int. Conf. on Cleaning Tech, for the Mining Ind. 1996. p. 85.88, Universidad de Valparaiso (Chile).
- [5] Ress David A. and E. Jane Welsh. «Secondary of polysaccharides in solution and gels». Angew. Chem.Int. Eng, Vol.16, pp. 214-224, (1977).
- [6] Chen Haping, Fany Tendeyong, «Equilibrium and kinetic studies of Copper Ion uptake by Calcium Alginate», Environ. Technol Vol 31, pp 1433-1439, (1997).
- [7] Matheickal Jose T., Qiming Yu. «Biosorption of Cadmium (II) from aqueous solutions by Pre-Treated Biomass of marine alga *Durvillaea Potatorum*», Wat. Res., Vol. 33, N.º 2, pp. 335-342, (1999).
- [8] Schiewer S., E.Fourest, Volesky. «Ion Exchange in Biosorption by Dried Seaweed experiments and Model predicctions», Biotechnology and Bioengineering. vol. 41, pp. 819-825, (1993).
- [9] Rivera Jilver, P.; Nelson Tapia H. «Bioadsorción del Cu (II) por el alga Marina pretratada *G. Doryophora* (Rhodophyta). Revista Peruana de Química e Ing. Rev. Per. Quím. Ing. Quím., Vol 5, N.º 1, p. 75-78, (2002).
- [10] Kunz A. and Wilson F.J «Complexation and adsorption of Copper in raw sewage». Wat. Res. Vol. 34, N.º 7 p. 2061-2068, (2000).
- [11] William M. Spincer, «Spectrochemical determination of Copper in Tin-base Alloys» Analytical Chemistry, Vol 20, pp. 557, N.º 6, (1946).
- [12] Norwitz George, «Rapid Colorimetric determination of Copper in Tin-base alloys, analytical chemistry», Vol 20, pp. 469, N.º 5, (1948).