

## Chlorella sp.: POTENCIAL BIOMATERIAL PARA TRATAMIENTO DE AGUA CONTAMINADA CON COLORANTES

MARTÍNEZ-TRISTÁN A.<sup>1</sup>, LIÑÁN MONTES A.<sup>2</sup>, GARCÍA REYNA R.B.<sup>3</sup>, SOTO REGALADO E.<sup>3</sup>, CERINO CÓRDOVA F.<sup>3</sup>, ALCALÁ-RODRÍGUEZ MÓNICA<sup>3</sup>, GARZA-GONZÁLEZ M.T.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Biotecnología, <sup>2</sup>Laboratorio de Instrumentación Analítica, <sup>3</sup>Laboratorio de Ingeniería Química Facultad de Ciencias Químicas, UANL. Monterrey N.L. México \*E-mail: tgarza@fcq.uanl.mx

### Resumen

En este trabajo se evaluó el potencial de la biomasa de *Chlorella sp.* para la remoción del colorante tóxico Rojo Congo en muestras de agua contaminada. Se caracterizó la biomasa de *Chlorella sp.* en la que mediante su espectro de FTIR se confirmó la presencia de grupos amino, carboxilo, tiol y fosfatos. Así mismo se mediante potenciometría se encontró que el punto de carga cero (PCC) de la biomasa correspondió a un pH de 6.4 y la concentración de sitios activos fue de 0.65 meq/g de sitios ácidos y 0.6 meq/g de sitios básicos. Las pruebas de biosorción con la biomasa de *Chlorella sp.* mostraron una alta eficiencia de la remoción, superior al 90% misma que se mantiene en al menos tres ciclos de sorción-desorción. Los resultados obtenidos sugieren que el uso de la biomasa de *Chlorella sp.* como biosorbente de colorantes en agua contaminada es atractivo tanto desde el punto de vista económico como ambiental

**Palabras Clave:** Biosorción, *Rojo Congo*, *Chlorella sp.*

### 1. Introducción

En la actualidad, se está incrementando el número de contaminantes que están siendo descargados en el ambiente [1]. Uno de los múltiples problemas que enfrenta nuestro país es la contaminación, y dentro de ésta la que se lleva a cabo principalmente en cuerpos de agua.

Una de las causas de la contaminación del agua es la acumulación de diversas sustancias entre las cuales se encuentran los pigmentos y colorantes. Muchas industrias entre las cuales se encuentran: textiles, papeleras, imprentas y petroleras, emplean grandes volúmenes de agua y bases químicas orgánicas.

Existen más de 10,000 colorantes comercialmente disponibles. Más de 700,000 toneladas se producen anualmente. De 10-15% del total de colorantes producidos, se liberan directamente a los ecosistemas acuáticos a través de los efluentes industriales [2]. El colorante Rojo Congo es la sal disódica del ácido naftilensulfónico 3,3'-(4,4'-bifenilbis (azo) bis(4amino)). Presenta las siguientes propiedades: es un colorante ácido [3] perteneciente a la familia azo, soluble en agua, peso molecular de 696.7 g/mol, pKa de 4.1. A pH 3 y menores es azul y rojo a pH 5. (Figura 1). Estos colorantes son estables a la biodegradación y fotodegradación lo que dificulta su remoción de las aguas residuales. Además, se ha reportado que este contaminante causa carcinogénesis, mutagénesis [4], teratogénesis, alergias, dificultades respiratorias y problemas durante el embarazo.

La biosorción es la transferencia de un sorbato desde una matriz contaminada a una biomasa. Una amplia variedad de algas, ya sea en forma viva, muerta, como biomasa libre o inmovilizada, se han investigado para eliminar los colorantes de soluciones acuosas.

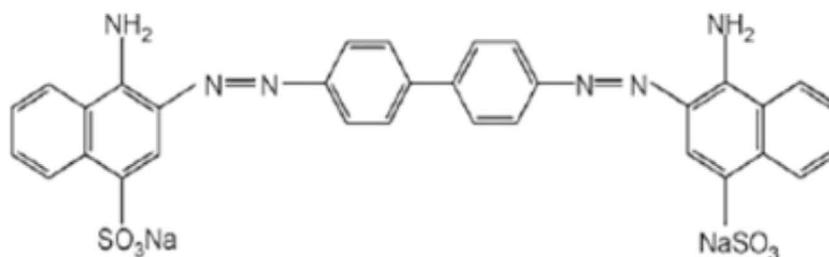


Figura 1. Estructura molecular del Rojo Congo



Se han realizado diversos estudios para la eliminación del Rojo Congo de medios acuosos en los que los diferentes investigadores [5-7] han variado metodología, condiciones de operación, materiales adsorbentes, buscando mejorar el proceso. En este trabajo se evaluó el potencial de la biomasa de *Chlorella* sp., para la remoción del colorante tóxico Rojo Congo en muestras de agua contaminada.

## 2. Procedimiento experimental

### 2.1. Producción de la biomasa del alga *Chlorella* sp.

Se preparó el medio de cultivo BG11 estéril, se inoculó el alga *Chlorella* sp. a partir de un cultivo puro, se incubó a temperatura ambiente en presencia de luz por 10 días y posteriormente se separó la biomasa del medio de cultivo, se secó y guardó para su posterior utilización.

### 2.2. Caracterización del adsorbente

El análisis para la detección de grupos funcionales se realizó en un espectrómetro FT-IR Perkin-Elmer modelo Spectrum-one. Se tomaron 2 mg de la muestra, ésta se colocó en el portamuestras y se analizó en modo de transmisión, en el intervalo de 4000-650  $\text{cm}^{-1}$ . Adicionalmente, se determinó el punto de carga cero por titulación potenciométrica [8], sitios activos por titulación de ácidos y bases por el método empleado por *Boehm et al.*, (1992) [9].

### 2.3. Pruebas de biosorción

Los experimentos de biosorción se realizaron utilizando una disolución sintética de colorante Rojo Congo de 50 mg/L a pH 2.0. Diferentes cantidades de biomasa se pusieron en contacto con el colorante, se mantuvieron en agitación constante a 120 rpm a temperatura de 25°C por un tiempo de dos horas. Se tomaron muestras a diferentes tiempos (1, 5, 10, 20, 40, 80, 120 min), para el control del proceso, posteriormente se separó la biomasa por centrifugación y al sobrenadante se le determinó la concentración de colorante residual. Los experimentos se realizaron por triplicado. Se determinó la capacidad de remoción de la biomasa, concentración del colorante y el porcentaje de remoción a diferentes tiempos. Con los datos obtenidos se determinó el modelo cinético que representó los datos cinéticos.

### 2.4. Reutilización de la biomasa

La biomasa obtenida del proceso de biosorción se trató con NaOH 0.05 M posteriormente se colocó en agitación constante a 120 rpm a temperatura ambiente por un tiempo de dos horas, después se separó la biomasa por centrifugación y se determinó la absorbancia del sobrenadante. Con las lecturas obtenidas se calculó el % de desorción de colorante. La biomasa regenerada se sometió a otros dos ciclos de sorción-desorción.

## 3. Resultados y Discusión

### Caracterización del adsorbente

El espectro FTIR de la biomasa de *Chlorella* sp. muestra la banda de alargamiento que presentan las aminas traslapado con la banda de alargamiento que presenta el grupo hidroxilo a los 3277.83  $\text{cm}^{-1}$ , el número de onda de el grupo de los ácidos carboxílicos en la biomasa fue de 1628.5  $\text{cm}^{-1}$ , que están unidos a la bandas de flexión de aminas de los péptidos envolventes de las proteínas. La banda en la región de 1060.65  $\text{cm}^{-1}$  corresponde a las bandas de la zona de huella digital de tensión y flexión del fosfato.

La biomasa de *Chlorella* sp., presentó una concentración de sitios ácidos de 0.65 meq/g y 0.60 meq/g de sitios básicos. El punto de carga cero de la biomasa fue de 6.4, lo que indica que el pH de trabajo debe ser inferior a 6.4 para favorecer la presencia de cargas positivas en la superficie de la biomasa que puedan atraer al colorante Rojo Congo cargado negativamente.

### Pruebas de biosorción

En la figura 2 se muestra la cinética de remoción de Rojo Congo utilizando diferentes dosis de biomasa.



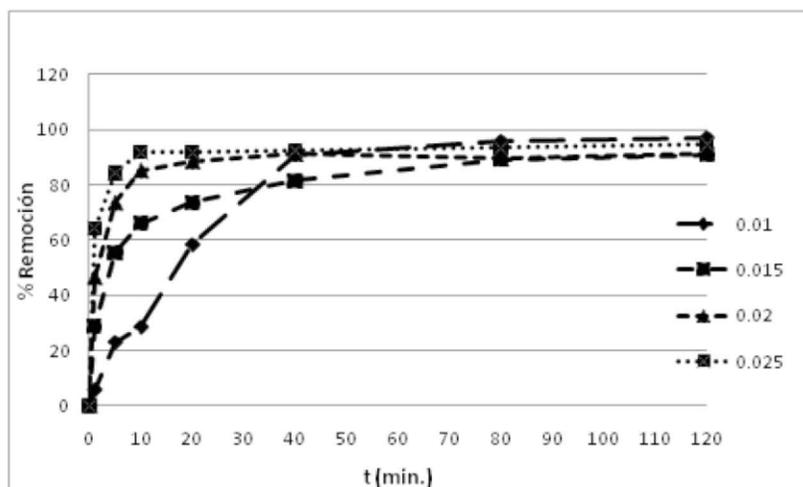


Figura 2. Variación de la eficiencia de la remoción de Rojo Congo con respecto al tiempo, utilizando diferentes dosis de biomasa de *Chlorella sp.* (pH 2, T 25 0, C0 RC 150mg/L)

Se observa que a dosis de biomasa mayores, el tiempo para alcanzar el equilibrio de biosorción fue de 40 min, mientras que a dosis menores, fue de 80 min. Los datos experimentales fueron analizados con los modelos cinéticos de pseudo primer orden y de pseudo segundo orden. Los parámetros cinéticos se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Parámetros cinéticos de la remoción de Rojo Congo utilizando biomasa de *Chlorella Sp.*

[C] <sub>0</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	pH <sub>0</sub>	Dosis de biomasa (g)	t <sub>eq</sub> (min)	q <sub>exp</sub> (mg g <sup>-1</sup> )	% Rem.	Modelo pseudo primer orden		Modelo pseudo segundo orden	
						K <sub>1</sub> (g [mg min] <sup>-1</sup> )	R	K <sub>2</sub> (g [mg min] <sup>-1</sup> )	R
52.8	2.5	0.010	80	50.54	93.7	0.0368	0.6268	0.0024.	0.9997
52.8	2.5	0.015	80	32.1	90.9	0.8656	0.9358	0.0029	1.0
52.8	2.5	0.020	40	24.2	91.6	0.1465	0.7320	0.0063	0.9999
52.8	2.5	0.025	40	19.7	93.4	0.2124	0.3540	0.0111	0.9989

De acuerdo al valor del coeficiente de correlación R se observa que el modelo de pseudo-segundo orden es apropiado para describir el comportamiento cinético del proceso de biosorción de Rojo Congo con *Chlorella sp.* Los valores de la constante de velocidad confirman que el proceso es más rápido a dosis de biomasa mayores.

**Reutilización de la biomasa**

Un buen biosorbente debe presentar capacidad para utilizarse en múltiples ciclos de sorción-desorción.

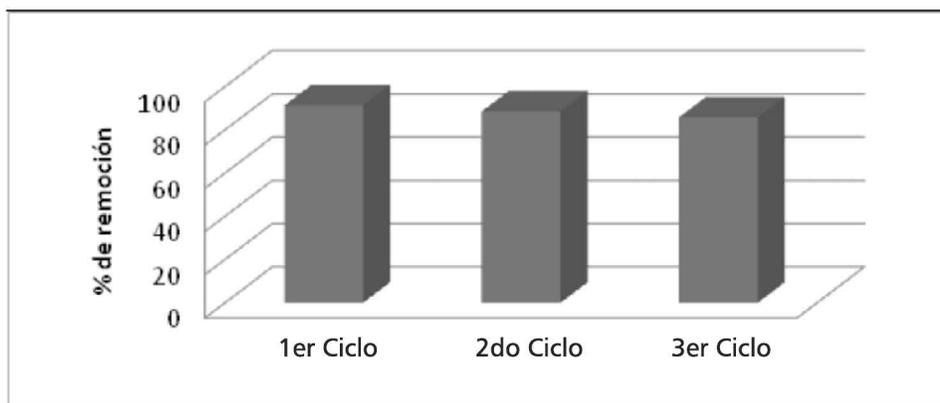


Figura 2. Variación de la eficiencia de la remoción en tres ciclos de sorción-desorción

La biomasa de *Chlorella* sp. presentó una pérdida del 3% en la eficiencia de la remoción de Rojo Congo en tres ciclos de sorción-desorción, lo que abre la posibilidad para la reutilización de la biomasa.

#### 4. Conclusiones

La biomasa de *Chlorella* sp presenta grupos funcionales que pueden ser sitios de unión del Rojo Congo. Además mostró propiedades ácido-base, con 0.65 meq/g de sitios ácidos y 0.60 meq/g de sitios básicos. El pH menor de 6.4 (PCC) favorece la presencia de sitios cargados positivamente para la atracción del colorante aniónico.

La cinética de remoción de Rojo Congo se ajustó a un modelo de pseudo segundo orden. A altas dosis de biomasa el tiempo para alcanzar el equilibrio fue menor. No obstante entre 80-120 min no existe mucha variación en la eficiencia de la remoción de RC de las 4 dosis de biomasa.

Es posible la reutilización de la biomasa en al menos 3 ciclos de sorción. Entre cada ciclo la eficiencia de la remoción disminuyó un 3 %.

Los resultados obtenidos perfilan a la biomasa de *Chlorella* sp. con alto potencial como biosorbente de RC de agua contaminada.

#### 5. Referencias

- [1] Aksu, Z. Application of biosorption for the removal of organic pollutants: a review. *Process. Biochem.* 40: 997–1026. (2005).
- [2] Binupriya, A. R., Sathishkumar, M., Swaminathan, K., Ku, C.S., Yun, S.E. Comparative studies on removal of Congo red by native and modified mycelial pellets of *Trametes versicolor* in various reactor modes. *Bioresource Technol.* 99: 1080–1088. (2008).
- [3] Namasivayam, C., Kavitha, D. Removal of Congo Red from water by adsorption onto activated carbon prepared from coir pith, an agricultural solid waste. *Dyes and Pigments* 54: 47–58. (2002).
- [4] Fu, Y., Viraraghavan, T. Removal of Congo Red from an aqueous solution by fungus *Aspergillus niger*. *Advances in Environ. Res.* 7: 239–247. (2002).
- [5] Chatterjee, S., Lee, D.S., Lee, M.W., Woo, S. H. Congo red adsorption from aqueous solutions by using chitosan hydrogel beads impregnated with nonionic or anionic surfactant. *Bioresource Technol.* 100: 3862–3868. (2009).
- [6] Tatarko M, Bumpus JA. Biodegradation of Congo Red by *Phanerochaete chrysosporium*. *Water Res.* 32:1713–7. (1998).
- [7] Tor, A., Cengeloglu, Y. Removal of Congo Red from aqueous solution by adsorption onto acid activated red mud. *J. Hazard. Mater.* B138: 409–415. (2006).
- [8] Junxiong C, Longzhe C. Yanxin W., Chengfu L. Effect of functional groups on sludge for biosorption of reactive dyes. *J. of Environ. Sci.* (21)534–538. (2009).
- [9] Bohem, H.P., Some aspect of the surface chemistry of carbon blacks and other carbons. *Carbon*, (32) 759-769. (1992).

#### 6. Agradecimientos

A la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Proyecto PAICYT 2009 clave: IT 269-09.

