

APLICACIÓN DE LA CIANOBACTERIA *Spirulina* sp. EN LA REMOCIÓN Y RECUPERACIÓN DEL COLORANTE ROJO CONGO DE MUESTRAS ACUOSAS

MADRIGALES-UBALDO J. R.¹, SÁENZ-TAVERA I. C.², LIÑÁN MONTES. A.², SOTO REGALADO E.³, CERINO CÓRDOVA F.³, GARCÍA REYNAR. B.³, GARZA-GONZÁLEZ M. T.^{1*}

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

Resumen

En este trabajo se utilizó la biomasa de Cianobacteria *Spirulina* sp. en un sistema Bach, para remover el colorante ácido Rojo Congo (RC). Se estudió el efecto de variables de operación tales como dosis de biomasa, tiempo de contacto pH inicial y temperatura. Las mejores condiciones de operación para la remoción de RC fueron: dosis de biomasa de 1 g/L, pH 2, temperatura de 25 °C y tiempo de contacto de 2 horas. Los datos experimentales del equilibrio de biosorción se ajustaron mejor al modelo de Langmuir y la cinética de adsorción siguió el modelo de pseudosegundo orden. La máxima capacidad de biosorción experimental de la biomasa fue de 418.70 mg/g y eficiencia de recuperación del colorante fue superior al 93%. Estos resultados sugieren que la biomasa de *Spirulina* sp., un adsorbente de bajo costo, presenta potencial para remover colorantes aniónicos de efluentes industriales.

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

1. Introducción

Los colorantes son utilizados por una amplia variedad de industrias químicas y alimenticias, por lo que gran parte de sus aguas residuales los contienen y por lo cual deben ser tratadas. (Chatterjee, *et al*, 2007) El agua coloreada no tratada se recibe en los mantos acuíferos causando severos daños a la vida acuática y en los humanos presenta efectos de mutagénesis y carcinogénesis. (Lian, *et al*, 2009). Actualmente la biotecnología ofrece una gran posibilidad de restauración de mantos acuíferos contando con amplias ventajas sobre otras tecnologías, como son, su bajo costo, su posibilidad de trabajar con grandes volúmenes de afluentes contaminados y la gran eficiencia para retener los contaminantes (Guezguez, *et al*, 2009). En este trabajo se propone estudiar la biomasa de *Spirulina* sp. para la remoción del colorante tóxico Rojo Congo (RC).

2. Procedimiento Experimental

2.1. Materiales y Métodos

2.1.1 Determinación de las condiciones del proceso de biosorción

Se determinaron las condiciones experimentales mediante un diseño factorial 3³, con tres niveles de pH, temperatura (°C), y concentración de biomasa (g/L); los cuales se realizaron por triplicado (Tabla I). La variable de respuesta fue la capacidad (q mg/g) y la eficiencia de la remoción (%).

Tabla 1. Diseño de experimentos factorial 3³

Niveles	Condiciones	pH	T(°C)	Biomasa (g/L)
Bajo		2	25	1.0
Medio		3	35	1.5
Alto		4	50	2.0

2.1.2 Cinética de remoción

Los experimentos de cinética de biosorción se realizaron utilizando una disolución sintética de colorante Rojo Congo de 100 mg/L de pH 2.0. La biomasa y el colorante se pusieron en contacto en agitación constante a 120 rpm a temperatura ambiente por un tiempo de dos horas. Se tomaron muestras a diferentes tiempos (1, 5, 10, 20, 40 80, 120min), 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.

2.1.3 Elaboración de las isothermas experimentales de adsorción

Los experimentos fueron realizados utilizando disoluciones sintéticas de diferentes concentraciones de colorante ácido Rojo Congo ajustadas a pH 2 con HCl de concentración de 0.1 N,. Cada experimento se realizó por triplicado y con los valores promedio se realizaron las isothermas de adsorción experimentales. Los resultados se trataron con los modelos de Langmuir y Freundlich para determinar el ajuste de los datos y a continuación se calcularon los parámetros de estos modelos.

2.1.4 Elución del colorante

Los experimentos se realizaron con la biomasa de *Spirulina* sp. que se encontraba en diferentes tubos de los experimentos anteriores, a los cuales se les adicionó NaOH 0.1N, posteriormente se colocaron 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

3. Resultados y Discusión

El efecto de los parámetros estudiados, sobre la eficiencia y capacidad de remoción de Rojo Congo (RC), se muestran en las figuras 1 y 2. Se observa que al pH más bajo se obtiene mayor eficiencia y capacidad de remoción (Figura 1). Este efecto puede explicarse con base en la interacción electrostática del colorante aniónico con las cargas positivas de la biomasa protonada. Datos similares fueron presentados por Hu en 1992, reportando que para 11 colorantes ácidos el mayor porcentaje de remoción con *Aeromonas* sp se obtuvo a pH ácido. Así mismo Khalaf en 2008 estudió la remoción de distintos colorantes ácidos con biomasa de *Aspergillus niger* y *Spirogyra* sp. obteniendo mayor porcentaje de remoción a pH = 3.

Por otro lado la concentración de biomasa no presenta un efecto significativo en la eficiencia de la remoción pero la capacidad de remoción decrece al incrementar la concentración de la biomasa hasta en un 50% (Figura 1). Resultados similares son reportados por Vimonses *et al.* en 2009, quienes utilizaron kaolines australianos para remover Rojo Congo.

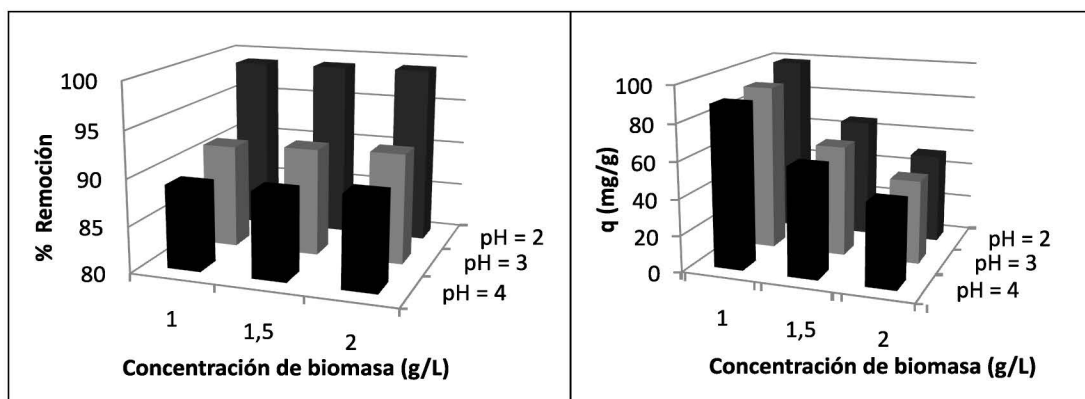


Figura 1. Efecto de la concentración de la biomasa y el pH en la eficiencia de remoción de RC (A) y la capacidad de remoción de RC (B) utilizando biomasa de *Spirulina* sp.

En la figura 2 se muestra la cinética de remoción del Rojo Congo, en la que se observa que a los 10 min de contacto biomasa- colorante la concentración de RC residual se reduce a un 20% de la concentración inicial y la capacidad de remoción de la biomasa es de 80mg/g. A partir de los 40 minutos se alcanza el equilibrio de sorción, logrando la mayor eficiencia y capacidad de remoción entre los 80 – 120 minutos. Los datos experimentales fueron analizados con los modelos cinéticos de pseudo primer orden (Lagergren, 1989) y de pseudo segundo orden (Ho, McKay, 1999). Los parámetros cinéticos se muestran en la tabla 2. De acuerdo al valor del coeficiente de correlación R^2 y los valores teóricos de la capacidad de adsorción (q) calculados con los dos modelos, se observa que el modelo de pseudo segundo orden es apropiado para describir el comportamiento cinético del proceso de biosorción de Rojo Congo con *Spirulina* sp.

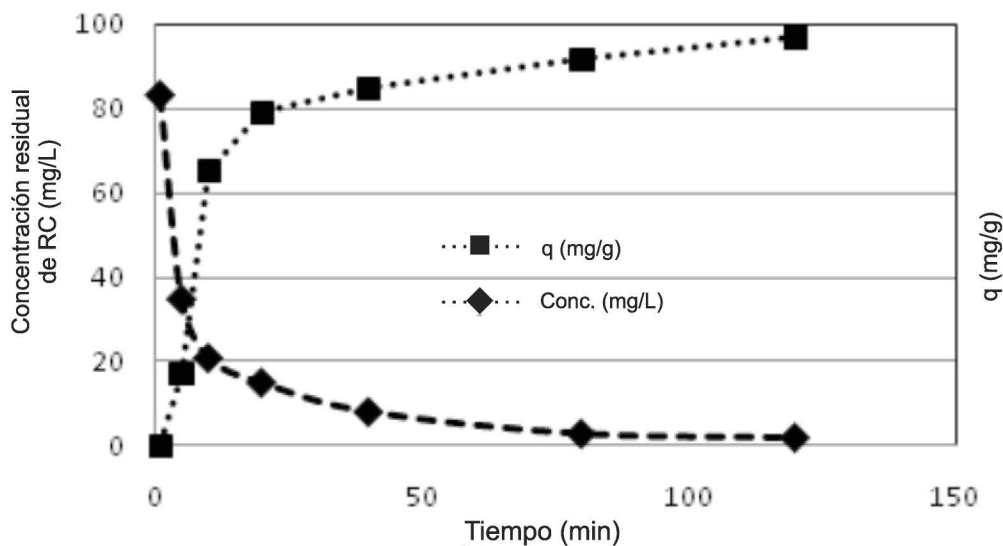


Figura 2. Variación de la concentración residual y capacidad de adsorción q(mg/g) de RC con respecto al tiempo, utilizando biomasa de *Spirulina* sp. (pH 2, T 25 °, biomasa 1 g/L., C₀ RC100mg/L)

Tabla 2. Parámetros Cinéticos de la biosorción de Rojo Congo

Modelo Cinético	Constante de velocidad	q _{e(exp)} (mg/g)	q _{e(teórica)} (mg/g)	R ²
Pseudo- 1er. orden	$K_1 = 0.0346 \text{ (min}^{-1}\text{)}$	97.85	78.51	0.8639
Pseudo- 2do. orden	$K_2 = 0.0027 \text{ (g/mg.min)}$	97.85	96.67	0.9993

En la figura 3 se muestra la isoterma de adsorción de Rojo Congo experimental y las obtenidas con los modelos de Freundlich y de Langmuir.

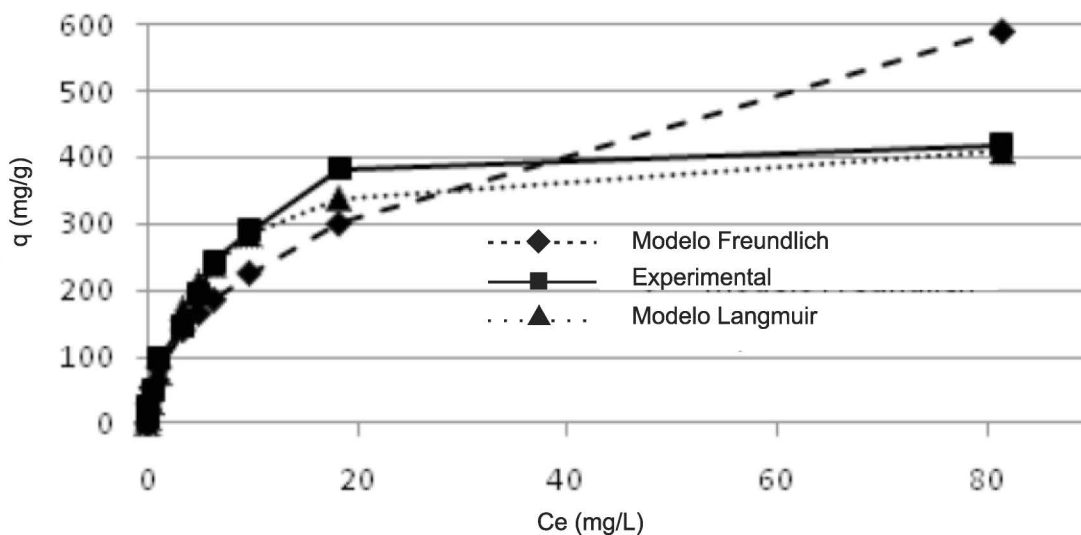


Figura 3. Isotherma de adsorción del colorante Rojo Congo utilizando biomasa de *Spirulina* sp. (pH = 2, T 25 °, biomasa 1 g/L)

Se observa que el proceso de biosorción de RC con biomasa de *Spirulina* sp. se ajusta mejor al modelo de Langmuir lo que indica que la adsorción se da preferentemente en una monocapa. Utilizando las ecuaciones de los dos modelos se calcularon los parámetros correspondientes, los cuales se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Parámetros de Langmuir y Freundlich en la adsorción RC con biomasa *Spirulina* sp.

Modelo de Langmuir $\frac{C_e}{q} = \frac{1}{b q_{max}} + \frac{C_e}{q_{max}}$				Modelo de Freundlich $\log q = \frac{1}{n} \log C_e + \log K$		
b (L/g)	$q_{max\ teórica}$ (mg/g)	$q_{max\ exp}$ (mg/g)	R ²	n	Kf (mg/g)(L/g)	R ²
0.1932	434.78	418.7	0.9696	2.2138	80.721	0.9295

Binupriya *et al.* en el año 2008 reporta el ajuste de la isoterma de adsorción al modelo de Langmuir al estudiar el proceso de biosorción del Rojo Congo con *Traemetes versicolor*.

La elución del colorante es posible con la ayuda de eluentes adecuados. El objetivo de este proceso es liberar al contaminante de la biomasa, para que éstos puedan ser reutilizados. En la tabla 4 se muestra la eficiencia de la elución del RC retenido en la biomasa en diferentes concentraciones. Estos resultados indican que el colorante puede ser recuperado con una eficiencia similar a la reportada por Vijayaraghavan (2008) quien estudió la recuperación de colorantes a partir de la biomasa *Corynebacterium glutamicum* utilizando como eluente NaOH 0.01M y obteniendo 98.6% del colorante biosorbido.

Tabla 4. Eficiencia de la elución del colorante Rojo Congo (RC) de la biomasa *Spirulina* sp.

C. de RC adsorbido (mg/L)	C. de RC eluido (mg/L) con HCl 0.1M	% de RC recuperado
49.60	47.28	95.32
98.90	92	93.02
240.70	224	93.06
418.68	391.4	93.48

4. Conclusiones

La biomasa de *Spirulina* sp. remueve el colorante Rojo Congo con rapidez y eficacia. Las condiciones que favorecieron la remoción del colorante fueron: pH 2, temperatura de 25°C y una concentración de biomasa de 1g/L. Los datos cinéticos experimentales se ajustaron al modelo de Pseudo segundo orden. La capacidad máxima de remoción experimental fue de 418.7 mg/g de biomasa. El modelo de Langmuir describe el proceso de remoción de RC. El colorante puede ser recuperado de la biomasa lo que abre la posibilidad de reutilizarla en varios ciclos de sorción-desorción.

5. Referencias

- [1] S. Chatterjee, S. Chatterjee, B. P. Chatterjee, A. K. Guha, Adsorptive removal of Congo Red, a carcinogenic textile dye by chitosan hydrobeads: Binding mechanism, equilibrium and kinetics. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects* 299, 146–152; 2007.
- [2] L. Lian, L. Guo, C. Guo. Adsorption of Congo Red from aqueous solutions onto Ca-bentonite. *J.Hazard. Mater.* 161; 126–131; 2009.
- [3] S. Guezguez, Dridi-Dhaouadi, F. Mhenni, Sorption of Yellow 59 on *P.oceanica*, a non-conventional biosorbent: Comparison with activated carbons. *Ind. crops and prod.* 29, 197–204; 2009.
- [4] S. Lagergren, about the theory of so-called adsorption of soluble substances, *Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens. Handlingar.* 24, 1–39, 1898.
- [5] Y.S. Ho, G. McKay, Pseudo-second order model for sorption processes. *Process Biochem.* 34, 451–465, 1999.
- [6] T.L. Hu, Sorption of reactive dyes by *Aeromonas* sp. *Water Sci. Technol* 26, 357-366; 1992



- [7] M. A. Khalaf, Biosorption of reactive dye from textile wastewater by non-viable biomass of *Aspergillus niger* and *Spirogyra* sp. *Bioresource Technol.* 99, 6631–6634, 2008
- [8] V. Vimonses, S. Lei, B. Jin, C. W.K. Chow, C. Saint, Adsorption of Congo Red by three Australian Kaolins. *Appl. Clay Sci.* 43, 465–472; 2009.
- [9] A.R. Binupriya, M. Sathishkumar, K. Swaminathan, C.S. Ku, S.E. Yun, Comparative study on removal of Congo Red by native and modified mycelial pellets of *Trametes versicolor* in various reactor modes. *Bioresource Technol.* 99, 1080–1088; 2008.
- [10] K. Vijayaraghavan, M. Lee, Y. Yun, A new approach to study the decolorization of complex reactive dye bath effluent by biosorption technique. *Bioresource Technol.* 99, 5778–5785; 2008.

6. Agradecimientos

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