

USO DE *Spirulina platensis* EN LA BIOADSORCIÓN DE METALES PESADOS PRESENTES EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN OBATALÁ
PROYECTO CURRICULAR DEL SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN TECNOLOGÍA EN SANEAMIENTO AMBIENTAL
PROYECTO CURRICULAR ESTUDIANTE INGENIERÍA SANITARIA

Autora: Lady Johanna Gómez Merchán – ladygomemer@gmail.com

Docente asesor: Juan Pablo Rodríguez Miranda

RESUMEN

Para la elaboración de este artículo se hace una revisión bibliográfica acerca del uso de la *Spirulina platensis* como tratamiento biológico de las aguas residuales Industriales para la eliminación de metales pesados como: plomo (Pb), cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), níquel (Ni) y Zinc (Zn), dado a que la *Spirulina platensis* se caracteriza por poseer en su estructura una alta bioadsorción de metales pesados, por ello se revisa las condiciones óptimas de crecimiento de la *Spirulina platensis* en cuanto a (pH, radiación, temperatura y tiempo de retención), que son los principales factores influyentes en el crecimiento de la *Spirulina platensis*, por lo cual también se describen los modelos cinéticos utilizados para la medición de bioadsorción de metales pesados por medio de los modelos como lo son: Pseudo-primer orden, Pseudo-segundo orden, Langmuir y

Freundlich, para así hallar la eficiencia de remoción de metales pesados por la bioadsorción de *Spirulina platensis*.

PALABRAS CLAVES

Spirulina platensis, metales pesados, bioadsorción, modelos cinéticos, eficiencia.

INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales industriales afectan negativamente al medio ambiente y producen riesgo para la salud humana, dado a que cualquier metal o metaloide causa contaminación ambiental, debido a que no puede degradarse biológicamente (y por lo tanto es bioacumulado). (SureshKumar, 2014)

Las industrias son las principales precursoras de la presencia de metales pesados presentes en el agua debido a las actividades relacionadas a la minería, metales de fundición, producción de energía y combustible,

fertilizantes, pesticidas, electrólisis, electroosmosis, cuero, fotografía, fabricación de electrodomésticos entre otros. (Malakootian, Khodashenas Limoni, & Malakootian, 2016)

Existen diferentes métodos para eliminar metales pesados en las aguas residuales incluida la ósmosis inversa, electroforesis, intercambio iónico, precipitación química y procesos biológicos. Cada método tiene sus propias ventajas y desventajas que afectan su eficiencia. (Malakootian, Khodashenas Limoni, & Malakootian, 2016)

En el tratamiento convencional de aguas residuales industriales se caracteriza por tener dos procesos que son el tratamiento primario y tratamiento secundario. En el tratamiento primario, se eliminan los sólidos grandes, mientras en el tratamiento secundario, la biorremediación de materiales orgánicos tiene lugar a través de la participación de microorganismos. Estos métodos de tratamiento tienen algunos inconvenientes. Ellos generalmente requieren grandes cantidades de energía, grandes áreas de tierra y pueden tener un alto costo de operación y mantenimiento. Las microalgas como la

Spirulina platensis ofrecen una alternativa de tratamiento biológico amigable con el medio ambiente donde tienen la facilidad de bioadsorber y biotransformar nutrientes, lo cual permite la reducción de la demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda biológica de oxígeno (DBO) presentes en aguas residuales. (Mohd Udaiyappan, Abu Hasana, Takriff, & Sheikh Abdullah, 2017)

En esta comparación bibliográfica se desea profundizar en el tratamiento biológico de aguas residuales por medio de microalgas, específicamente por *Spirulina platensis* que se ha caracterizado por ser una tecnología respetuosa con el medio ambiente y utilizadas para la eliminación de metales pesados como el plomo (Pb), cadmio (cadmio), cobre (Cu), níquel (Ni) y Zinc (Zn). (Anwar, Ruman, & Zularisam, 2010), por ello el uso de *Spirulina platensis* como bioadsorbente se ha considerado una elección adecuada para el tratamiento de metales pesados debido a su rápido crecimiento, y por su estructura funcional que contienen grupos tales como carboxilos, hidroxilos, sulfatos y otros gru-

pos cargados que son responsables de la unión de metales lo que hace que la eficiencia de bioadsorción de metales pesados por *Spirulina platensis* sea eficaz y que contribuya a la recuperación de aguas residuales industriales a un bajo costo de operación y mantenimiento. (Anwar, Rumana, & Zularisam, 2010).

MÉTODOS

Referente a la bibliografía consultada, la mayoría de las investigaciones se efectuaron a escala de laboratorio, donde relacionan materiales y métodos para hallar las condiciones óptimas de crecimiento de *Spirulina platensis* y evaluar la bioadsorción de metales pesados por modelos cinéticos, donde estos modelos son una herramienta para hallar la capacidad de equilibrio del metal adsorbido por biomasa y se expresa como % de eficiencia de la eliminación de metales pesados.

Fase I. Selección del Medio.

Como medio para el crecimiento de la *Spirulina platensis* es recomendable utilizar el medio Zarrouk que contiene 8 g de NaHCO_3 , 5 g de NaCl , 0,2 g de urea, 2,5 g de NaNO_3 , 0,5 g

K_2SO_4 , 0,16 g de MgSO_4 , 0,05 g de FeSO_4 y 0,052 g K_2HPO_4 en un 1 L de medio, en la revisión bibliográfica las condiciones de adaptación de la *Spirulina platensis* se encuentra para parámetros como la temperatura que deben encontrarse entre 25-30°C con una intensidad lumínica entre 1500 -3000 lux con ciclos luz-oscuridad 14h luz / 10h oscuridad para que no se presente una foto inhibición por parte de la *Spirulina platensis*, para las condiciones de pH óptimo es de 5.0 dado a que las células de las microalgas tienen generalmente una carga neta negativa en la superficie que favorece la unión de iones metálicos a los ligandos de la superficie y para el tiempo de contacto recomendado es de 24 horas para luego dar paso a la medición de metales removidos por la actuación de la *Spirulina platensis*.

Fase II. Preparación para la bioadsorción.

Se debe realizar una separación del medio con respecto a la biomasa, al realizar la separación se lleva a secado por 48 h en un horno a 80°C, luego se procede a preparar soluciones stock para el metal de estudio y

llevar a la espectroscopia utilizando rangos (1540 -1656 cm^{-1}) para su análisis espectral y en cuanto a la muestra se lava con agua desionizada para restablecer su pH 7 y se procede a eliminar la biomasa a través de un filtro de membrana de acetato de celulosa de un 0.45 μm y el filtrado es analizado por espectroscopia de absorción atómica.

Fase III. Isotermas de Lagmuir o Freundlich.

Modelos de Isotermas de Lagmuir o Freundlich, utilizados para procesar datos de adsorción en equilibrio.

1. Isoterma de equilibrio

Se debe realizar una isoterma de equilibrio que se basa en la capacidad de equilibrio de absorción para cada muestra en términos del balance de masas de iones metálicos y se calcula se la siguiente manera:

$$qe = (co - ce) \frac{v}{w} \quad (\text{Ec.1})$$

Donde $[qe]$ es la capacidad de equilibrio del metal adsorbido por biomasa (mg / g), $[Co]$ es la concentración inicial de metal (mg /L), $[Ce]$

es la concentración de metal en equilibrio (mg / L), $[V]$ es volumen inicial de solución de metal (L) y $[W]$ es célula de biomasa del alga (g).

2. La eficiencia de la eliminación de metales.

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$Y_R = \left(\frac{Co - Ce}{Co} \right) * 100 \quad (\text{Ec.2})$$

$[Co]$ es la concentración inicial de metal (mg /L), $[Ce]$ es la concentración de metal en equilibrio (mg / L)

3. La isoterma lineal de Langmuir

Se demuestra en la siguiente ecuación:

$$\frac{Ce}{qe} = \frac{1}{kqm} + \frac{1}{qm} Ce \quad (\text{Ec.3})$$

Donde $[qe]$ es la capacidad de adsorción del ion metálico en el equilibrio (mg / g), $[Ce]$ es el equilibrio de la solución de iones metálicos (mg / L), $[qm]$ es la capacidad de adsorción y $[K]$ es Constante de Langmuir que se obtiene al trazar $[Ce]$ gráfico contra $[Ce / qe]$

4. La isoterma de adsorción de Freundlich.

Se demuestra en la siguiente ecuación:

$$qe = kfCeq \frac{1}{n} \quad (\text{Ec.4})$$

$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{k_2 qe^2} + \frac{1}{qc} t \quad (\text{Ec.7})$$

5. La ecuación lineal de Freundlich.

$$\text{Log } qe = \text{log } Kf + \frac{1}{n} \text{log } ce \quad (\text{Ec.5})$$

Donde [Ce] es el equilibrio de la solución de iones metálicos (mg / L), [qe] es la capacidad de adsorción del ion metálico en el equilibrio (mg / g) y [n] y [kf] son constantes de Freundlich obtenidas a través del trazado log [qe] graficado contra log [Ce]

Fase IV Modelo cinético.

El modelo pseudo-primero orden y el modelo pseudo-segundo orden, se encuentran basados en la capacidad de adsorción de metales pesados.

1. El modelo de Pseudo-primero orden.

Se describe mediante la ecuación:

$$\ln(qe - qt) = \ln qe - K_1 t \quad (\text{Ec.6})$$

donde [qt] (mg/g) es la capacidad de adsorción en un momento dado y [k₁] (1/min) la constante de velocidad de pseudo-primero orden.

2. El modelo de Pseudo-segundo orden.

Se describe mediante la ecuación:

Donde [k₂] (g/mg/min) es la tasa de pseudo segundo orden (constante) y [qc] el valor teórico de la capacidad de adsorción de equilibrio. Los trazados de ln (qe - qt) - ln (qe) versus (t) permiten estimar [k₁], mientras que las representaciones de (t /qt) versus (t) lo hicieron para [k₂] y [qc].

RESULTADOS.

En las bibliografías consultadas los resultados obtenidos para la eliminación de metales pesados se considera la concentración de bioadsorbente de 2 g / L cuya eficiencia de adsorción de plomo (Pb) es de 92.13%, (Malakootian, Khodashenas Limoni, & Malakootian, 2016)

El Cadmio (Cd), cobre (Cu) y Zinc (Zn) sus tasas de eliminación fueron 14.95, 35.55 y 73.95 µg / g / d, respectivamente. Las concentraciones más altas de estos metales se acumularon en *Spirulina platensis* después de los 90 días, Solo 55% Cd, 85% Cu y 95% de Zn siendo esta última hiperacumuladora para la eliminación de Zinc. (Anwar, Rumaana, & Zularisam, 2010), para presencia de

cromo (Cr) VI en concentraciones de adsorbente 2-4 g/L, la eficiencia de eliminación es $\geq 80\%$ obtenido a partir del modelo de Langmuir. (Finocchio, Lodi, Solisio, & Converti, 2010)

DISCUSIÓN

Para la bioadsorción de metales pesados la eficiencia de la bioadsorción del plomo (Pb), cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), níquel (Ni) y Zinc (Zn) por parte de *Spirulina platensis*, lo evalúan por medio de modelos matemáticos como Langmuir, Freundlich, primer y segundo orden con la finalidad de describir el comportamiento y eficiencia de la bioadsorción para la eliminación de metales pesados. (Finocchio, Lodi, Solisio, & Converti, 2010), dentro de los factores que depende la adsorción de iones metálicos se encuentra: la presencia de grupos carboxilo OH-COO, el efecto del tiempo de contacto en la absorción, dosificación de adsorbente, la concentración inicial de iones metálicos necesarios, para así llevar a cabo la descripción del comportamiento de adsorción por medio de los modelos anteriormente mencionados.

CONCLUSIONES

El objetivo de la revisión bibliográfica, consistió en hallar las condiciones óptimas de crecimiento de *Spirulina platensis* para la bioadsorción de metales pesados, y se encontró que en la mayoría de ellos se encuentran en asimilación a trabajar a un pH 7, temperatura 25°C, iluminación a 3000 lux con horas luz/horas noche, tiempo de exposición de 24 horas, en cuanto a la bioadsorción es bueno seguir los modelos de Langmuir o Freundlich, pseudo-primer y segundo orden, dado a que ofrecen ajustes lineales de bioadsorción y puede usarse para predecir la cantidad de adsorbente requerido para lograr un porcentaje de eliminación específico para una determinada concentración inicial de iones metálicos y volumen de solución y así determinar la eficiencia de la bioacumulación de la *Spirulina platensis* de metales pesados, dentro de los estudios encontrados determinan que es un excelente bioacumulador de cobre (Cu), cromo (Cr) y Zinc (Zn) y menos eficiente para cadmio (Cd),

con esta revisión se concluye que el modelo de linealidad de adsorción es ampliamente utilizado para determinar la eficiencia de remoción de metales pesados por medio de algas o microalgas, como se demostró al estudio de interés.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos al semillero OBATALA, por la contribución al desarrollo de nuestra formación como investigadores en temas relacionados a la preservación y recuperación del medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anwar, A., Rumana, G., & Zularisam, W. (2010). Cd, As, Cu, and Zn Transfer through Dry to Rehydrated Biomass of *Spirulina Platensis* from Wastewater. *Polish J. of Environ*, 19(5), 887-893.
- Aysegul, S., Talai, S., Ahment, E., Sinan, Y., Zeliha, D., & Meltem, D. (2008). Equilibrium, thermodynamic and kinetic studies for the biosorption of aqueous lead (II), cadmium (II) and nickel (II) ions on *Spirulina platensis*. *ELSEVIER*(154), 973-980.
- Finocchio, E., Lodi, A., Solisio, C., & Converti, A. (2010). Chromium (VI) removal by methylated biomass of *Spirulina platensis*: The effect of methylation process. *ELSEVIER*(156), 264-269.
- Huijuan, M., Yunfeng, X., & Hong, C. (2012). Bioremediation of surface water co-contaminated with zinc (II) and linear alkylbenzene sulfonates by *Spirulina platensis*. *ELSEVIER*(47-48), 152-155.
- Linchuan, F., Chen, Z., Peng, C., Wenli, C., Xingmin, R., Ke, D., & Wei, L. (2011). Binding characteristics of copper and cadmium by cyanobacterium *Spirulina platensis*. *ELSEVIER*(190), 810-815.
- Malakootian, M., Khodashenas Limoni, Z., & Malakootian, M. (2016). The Efficiency of Lead Biosorption from Industrial Wastewater by Micro-alga *Spirulina platensis*. *Int. J. Environ. Res.*, 10(3), 357-366.
- Mohd Udaiyappan, A. F., Abu Hasana, H., Takriff, M. S., & Sheikh Abdullah, S. R. (2017). A review of the potentials, chal-

lenges and current status of microalgae biomass applications in industrial wastewater treatment. *ELSEVIER*(20), 8-21.

Seno Ferreira, L., Santos Rodrigues, M., Monteiro de Carvalho, J. C., Lodi, A., Finocchio, E., Perego, P., & Converti, A. (2011). Adsorption of Ni²⁺, Zn²⁺ and Pb²⁺ onto dry biomass of *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* and *Chlorella vulgaris*. I. Single metal systems. *ELSEVIER*(173), 326-333.

SureshKumar, K. U. (2014). Microalgae – A promising tool for heavy metal remediation. *ELSEVIER*, 329-352.