

BIOSORCIÓN DE PLOMO DE AGUAS CONTAMINADAS UTILIZANDO

*Pennisetum clandestinum Hochst (KIKUYO)**Amanda Maldonado^{1*}, Celestino Luque², Duvalier Urquiza².*

1: Dpto. de Ingeniería Química, Universidad San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú

2: Carrera de Ingeniería Química, Universidad San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú

* e-mail: amafa100@yahoo.com

RESUMEN

Se investigó la remoción de plomo de un agua simulada con 30 ppm Pb (II) utilizando el kikuyo como biosorbente preparado mediante un proceso de hidrólisis ácida seguido de una hidrólisis básica. El proceso de adsorción, se realizó en un equipo de prueba de jarras, donde se estudiaron las variables independientes: dosis del biosorbente, velocidad de agitación y pH, y como variable respuesta la capacidad de adsorción (Q). Se logró una capacidad máxima de adsorción de 139.35 mg/g con 0.06 g de dosis de biosorbente (kikuyo), 100 rpm para velocidad de agitación y pH 6. Se determinó el modelo matemático que relaciona Q, con la variable más significativa, dosis del biosorbente (Do). La cinética de adsorción, obedece a un modelo de primer orden ($R^2 = 0.9445$); donde el valor de $k = 0.0089 \text{ t}^{-1}$. El modelo de Langmuir es el que representa el proceso de adsorción ($R^2 = 0.9955$).

Palabras Claves: kikuyo, biosorción, lead, isoterma de adsorción, cinética.

LEAD BIOSORTION OF CONTAMINATED WATERS USING

Pennisetum clandestinum Hochst (KIKUYU)

ABSTRACT

The removal of lead from a 30 ppm Pb (II) simulated water using Kikuyu as a biosorbents that was prepared by a process of acid hydrolysis followed by a basic hydrolysis was investigated. The adsorption process was conducted in a jar test equipment in order to find out the relationships between the adsorption capacity (Q), the response variable, and the independent variables under study: biosorbents dose, stirring speed and pH. It was found that the maximum capacity of adsorption of 139.35 mg / g was achieved with 0.06 g of biosorbents dose (Kikuyu), 100 rpm for stirring speed and pH 6. The mathematical model that relates Q with the most significant variable, the biosorbents dose (Do) was determined. The kinetics of adsorption follows a first order model ($R^2 = 0.9445$), where the value of $k = 0.0089 \text{ t}^{-1}$. The Langmuir model represents the adsorption process ($R^2 = 0.9955$).

Keywords: kikuyu, biosorption, lead, Isotherm of adsorption, kinetics

1. INTRODUCCIÓN

El aumento de la contaminación de las aguas residuales urbanas e industriales por iones de metales pesados, tales como Cd, Cr, Zn, Hg, Pb, etc., es un problema medioambiental de importancia creciente, porque aun en muy baja concentración son altamente tóxicos^[1].

Los métodos convencionales para el tratamiento de aguas residuales con metales pesados resultan costosos e ineficientes, especialmente cuando la concentración de los metales es muy baja^{[2][3]}.

El desarrollo de nuevas tecnologías, en base a la materia prima nacional es una tarea pendiente para los investigadores de países en vía de desarrollo como el nuestro. Varios estudios han demostrado que la biomasa de diferentes especies de residuos lignocelulósicos, bacterias, hongos y algas, son capaces de concentrar en sus estructuras, iones metálicos que se encuentran en ambientes acuáticos^[4].

La extracción de metales mediante biosorbentes vegetales se atribuye a sus proteínas, carbohidratos y componentes fenólicos que contienen grupos carboxil, hidroxil, sulfatos, fosfatos y amino que pueden atrapar los iones metálicos^[5].

En el marco de estos antecedentes, el presente trabajo planteó como objetivo investigar la capacidad del kikuyo, para remover Pb(II) de soluciones de aguas contaminadas.

2. PARTE EXPERIMENTAL

La muestra estuvo constituida por el *Pennisetum clandestinum hochst* (kikuyo), como agente natural y agua sintética contaminada con 30 ppm de Pb (II).

La preparación del biosorbente comprendió consecutivamente las etapas de lavado, selección, pesado, secado, molienda, activación, filtración, neutralización, secado, molienda y tamizado

La activación se realizó, de acuerdo a lo propuesto por Mussatto y Col (2006) [6], mediante hidrólisis ácida con H₂SO₄ al 1.25% durante 60 minutos, seguida de hidrólisis alcalina con NaOH al 3.25% por el mismo tiempo mediante reflujo, con el fin de incrementar el porcentaje de fibra presente

Las pruebas de adsorción se realizaron en un equipo de prueba de jarras (Figura 1), donde se consideraron como parámetros: Temperatura: ambiente, concentración de la solución sintética: 30 ppm, volumen de la solución sintética: 300ml, tiempo de agitación: 60 minutos, como Variables independientes: Dosis de biosorbente (0.06 g y 0.18 g): Do, Velocidad de agitación (50 rpm y 100 rpm): V, pH de solución (6 y 8) y Variable dependiente: Capacidad de Adsorción (mg/g): Q



Figura 1. Pruebas de remoción

Para el desarrollo de las experiencias se utilizó un diseño experimental factorial 2³ y se consideraron 3 puntos medios.

La concentración final de Plomo se determinó mediante la técnica de absorción atómica, en los Laboratorios Analíticos del Sur (Arequipa). La cantidad de iones plomo adsorbidos (Q) en mg/g. adsorbente; se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{(C_i - C_f) * V}{m}$$

Donde, Q: capacidad de biosorción (mg/g); v: volumen de solución (L); m: masa de adsorbente (g); c: concentración (mg/L).

La cinética de adsorción se determinó a las condiciones a las cuales se logró el mejor resultado obtenido en el proceso de adsorción, Para el cálculo de los parámetros de la cinética se utilizó el método integral; se probaron los modelos cinéticos de orden cero, uno y dos. Se evaluaron los modelos isotérmicos de Langmuir y de Freundlich.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados que muestran los valores de las variables respuesta se resumen en la tabla N° 1

Tabla 1. Resultados del proceso de adsorción

N°	Variables Independientes			Variable dependiente
	Do (g)	V (rpm)	pH	Q (mg/g)
1	0.06	50	6	105.80
2	0.18	50	6	34.48
3	0.06	50	8	115.30
4	0.18	50	8	34.05
5	0.06	100	6	139.35
6	0.18	100	6	44.32
7	0.06	100	8	134.35
8	0.18	100	8	47.65
9	0.12	75	7	39.28
10	0.12	75	7	39.88
11	0.12	75	7	39.58

En el experimento 5 se logró mayor capacidad de adsorción (Q) utilizando *Pennisetum clandestinum hochst* (kikuyo) a una dosis de 0.06 g, una velocidad de agitación de 100rpm y pH 6, logrando una capacidad de adsorción de 139.35mg/g.

En la Figura 2 que representa la superficie de la capacidad de adsorción estimada (Q, mg/g), se puede apreciar que se logra mayor capacidad de adsorción a menores dosis de biosorbente y valores mayores de velocidad de agitación.

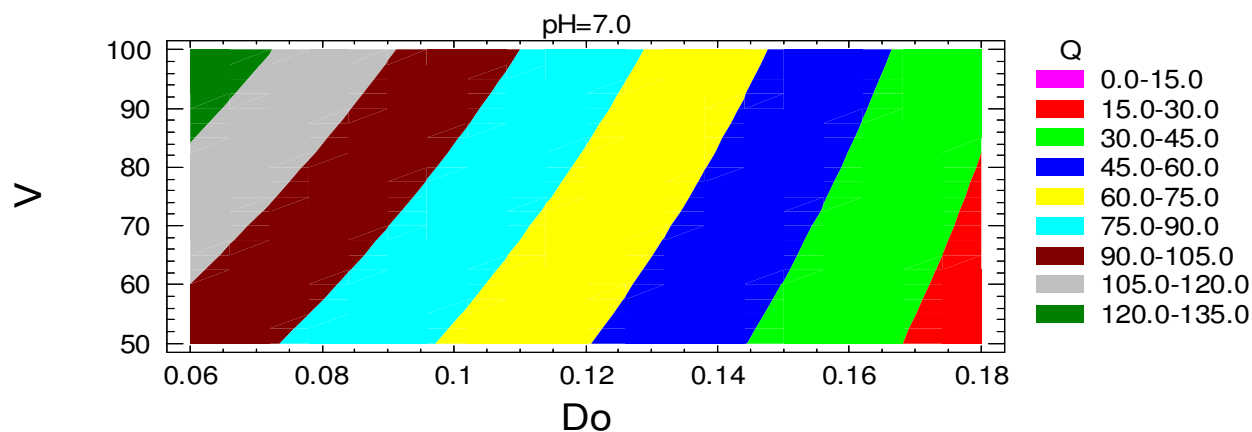


Figura 2. Contornos de Superficie de la respuesta estimada (Q, mg/g)

Para determinar la significancia de las variables independientes se realizó el análisis de varianza (ANOVA) (Tabla 2).

Tabla 2. Significancia de las variables independientes

Fuente	variables		Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A	Do	Dosis de biosorbente	13973.7	1	13973.7	14.14	0.0198
B	V	Velocidad de agitación	723.711	1	723.711	0.73	0.4404
C	PH	pH de solución	6.93781	1	6.93781	0.01	0.9372
AB	Do-V	interacción Do-V	106.653	1	106.653	0.11	0.7590
AC	Do-pH	interacción Do-Ph	0.340312	1	0.340312	0.00	0.9861
BC	V-pH	interacción V-pH	14.2845	1	14.2845	0.01	0.9101
Error							
Total			3952.69	4	3952.69		
Total			18778.4	10			

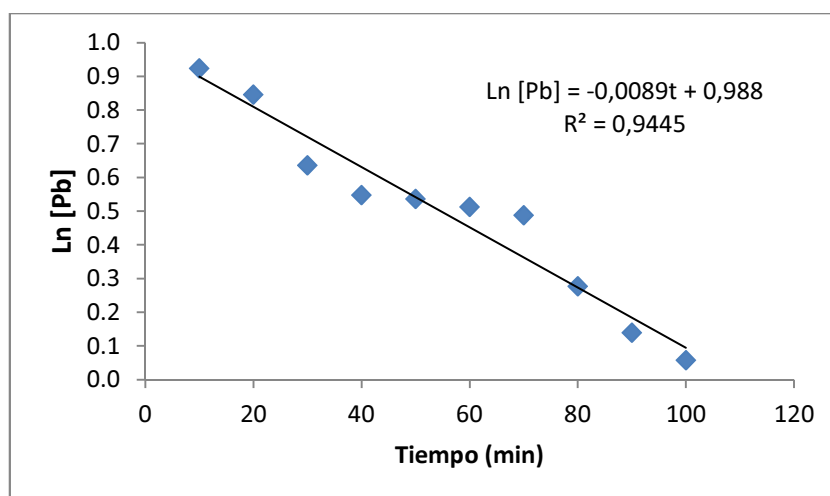
Del análisis de la prueba ANOVA el valor del F-Ratio solo para la variable independiente Do es mayor que el F- tabla y además presenta un p-valor inferior a 0.05 indicando que es significativamente diferente de cero al 95.0% de nivel de confianza. Por tanto la variable independiente dosis de biosorbente (Do), es la variable más significativa.

El modelo matemático ajustado que relaciona la variable respuesta con Do, es:

$$Q = 153.959 - 696.563 \cdot Do$$

Los resultados obtenidos, respecto del tiempo de adsorción, sugieren que el proceso de adsorción se realizó en dos etapas, una rápida, de 0 a 15 minutos y una lenta, de 30 a 120 min.

Respecto a la cinética de adsorción, el ajuste mostró la correspondencia a una cinética de primer orden. El estadístico R^2 indica que dicho modelo explica el 94.45 % de la variabilidad de la concentración final del plomo (II) (Figura 3); siendo el valor de la constante de velocidad de adsorción de $k = -0.0089 \text{ t}^{-1}$.

**Figura 3.** Ajuste del modelo de primer orden

El modelo de Langmuir (Figura 4) representa al proceso de adsorción de plomo (II) con kikuyo y explica el 99.55% de la variabilidad de la capacidad de adsorción. El valor de b (0.0057) indica que existe una gran afinidad del adsorbato por el biosorbente, semejante al encontrado con el biosorbente preparado a partir de la cascara de yuca^[7].

La capacidad máxima de adsorción $Q_{\max}$ (303.03 mg/g), indica la saturación de la monocapa, este valor al ser comparado con biosorbentes tales como: residuos de jardines domésticos^[8], Gigantón^[9], cascara de naranja modificada^[10] y cascara de limón^[11], presenta la mayor capacidad de adsorción.

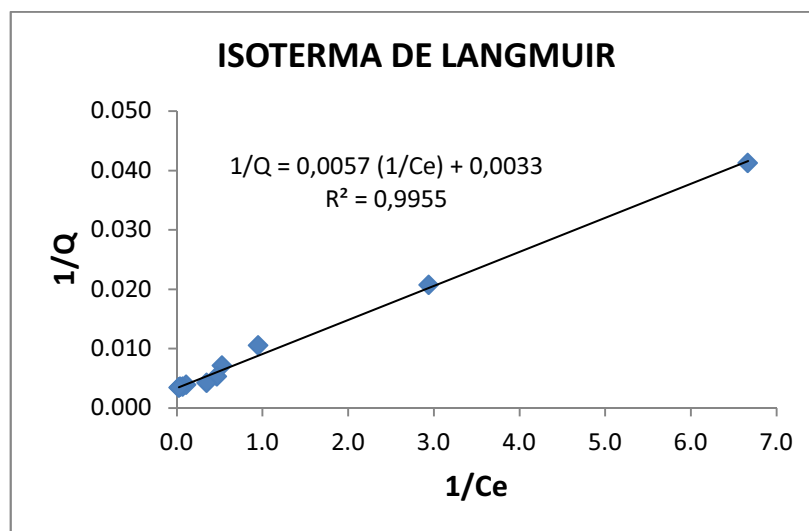


Figura 4. Forma lineal de la ecuación de Langmuir

4. CONCLUSIONES

Los resultados han demostrado que el kikuyo es efectivo en la remoción de Pb (II) de aguas contaminadas simuladas, superando a la performance de adsorción de otros biosorbentes de referencia.

Por lo tanto, los resultados de esta investigación pueden ser aplicados en la remoción de Pb (II) de los efluentes industriales, que presentan niveles de plomo por encima de los Límites Máximos Permisibles, con lo que no solo se plantea la posibilidad de aprovechamiento de este residuo; sino de abaratar los costos de tratamiento de los efluentes.

5. REFERENCIAS

- [1]. Basso M, Cerrella E, Cukierman A. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. 2002; 6: 69 – 74.
- [2]. Volesky B. "Removal and recovery of heavy metals by biosorption". En: Biosorption of Heavy Metals. B. Volesky (ed.). Boca Raton (EE.UU) CRC Press. 1990 p. 7-44.
- [3]. Zinkus G, Byers, Doerr W. Chem. Engng. Progr. 1998; 94 (5): 19-31.
- [4]. Abia A, Horsfall M, Didi O. J. Appl. Sci Environm. Mgt. 2002; 6: 89-95.
- [5]. Villaescusa I, Martínez M, Miralles N. Water Res. 2004; 38: 992-1002.
- [6]. Mussatto S, Dragone G, Fernandes M, Rocha G, Roberto I. "Efecto de los tratamientos de hidrólisis ácida e hidrólisis alcalina en la estructura del bagazo de malta para liberación de fibras de celulosa". En proceedings del XXII Interamerican Confederation of Chemical Engineering. Escola de Engenharia de Lorena – Departamento de Biotecnologia. 2006. São Paulo (Brasil). Universidade de São Paulo – EEL - USP.
- [7]. Maldonado, A. Adsorción de Cr (III) en la biomasa residual de yuca. Tesis Ph.D. Arequipa (Perú): Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2005.
- [8]. Fernández U, Luque C. Remoción de plomo de agua contaminada usando Trichocereus cuzcoensis, Tesis pregrado.

Cusco (Perú): Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, 2007.

- [9]. Larenas C, Andrango D, Inga P. “Estudio isotérmico de biosorción de plomo en aguas utilizando residuos vegetales”. Universidad Politécnica Salesiana. Quito, Ecuador, 2008.
- [10]. Tapia N, Muños J, Torres F, Yarango A. “Biosorción de Pb (II) por cascara de naranja, Citrus Cinesis, modificada” Universidad Peruana Cayetano Heredia. 2003
- [11]. Millán E, Balderas P, Roa G, Barrera C, Colín A “Sorción de Cd (II) y Pb (II) usando un biosorbente de bajo costo” Universidad Autónoma del Estado de México, 1999.