

REMOCIÓN DE CROMO Y NÍQUEL DE SOLUCIONES ACUOSAS UTILIZANDO BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO BIOSORBENTE.
CHROMIUM AND NICKEL'S REMOVAL FROM AQUOUS SOLUTIONS USING SUGAR CANE BAGASSE'S BIOSORBENT.

¹MSc. Inés de la Caridad Alomá Vicente; ¹Dr. Iván Rodríguez Rico; ¹Dr. Alfredo Curbelo Sánchez; ¹MSc. Ramón Sardiñas Rivas. ¹MsC. Mariano Cortés Falcón.

¹ Cuba. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas.

Carretera a Camajuaní Km 5,5. Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

E mail: inesav@uclv.edu.cu

RESUMEN:

En el presente trabajo se analizó la capacidad de adsorción del bagazo de caña de azúcar sobre especies metálicas contenidas en residuales líquidos; teniendo en cuenta los parámetros más influyentes en el proceso; tiempo de contacto, pH y concentración inicial de metales pesados en la solución. Se comprobó que el uso de bagazo químicamente modificado tiene mayor capacidad adsorptiva que el bagazo natural. Los procesos de biosorción deben ser seriamente tenidos en cuenta para la remoción de especies metálicas contenidas en efluentes líquidos.

PALABRAS CLAVES:

Biosorción; bagazo de caña de azúcar; metales pesados.

ABSTRACT:

This work has analyzed the biosorption capacity of bagasse from sugar cane milling onto metallic species from galvanics waste water; keeping in mind several parameters in the process. It was demonstrated the high capacity of biosorption of chemical modified bagasse over the natural bagasse. The biosorption process using bagasse modified should be seriously considered for removal of metals from effluents.

KEY WORDS:

Biosorption; cane sugar bagasse; heavy metals.

I. INTRODUCCION:

En las últimas décadas ha crecido la preocupación por la degradación del medio ambiente a nivel mundial, sus consecuencias pueden determinar nefastos resultados en el bienestar de la humanidad y en el desarrollo económico de las naciones.

Actualmente, debido al desarrollo de la ciencia y la técnica, las aguas residuales han incrementado su volumen y composición, si estas son vertidas de forma indiscriminada sobre el medio, se corre el riesgo de sobrepasar la capacidad autodepuradora de la naturaleza y con ello el equilibrio hombre-naturaleza [3]

Entre las principales industrias causantes de la contaminación se encuentran las industrias galvánicas y teneras; responsables del deterioro de los recursos hídricos debido a la presencia de efluentes contaminados con metales pesados, tales como cromo y níquel, constituyendo una amenaza para el desarrollo sostenible.

La biosorción como solución tecnológica para la descontaminación de dichos residuales ha sido especialmente considerada; por lo que a nivel mundial se realizan estudios del comportamiento de diferentes biosorbentes en el tratamiento a los residuales antes mencionados, tales como: cáñamo, hojas de cortezas de pino, cáscara de arroz, pastos como la alfalfa, cáscara de coco, cáscara de avellana, rastrojo de maíz, [4]; [5]; son reportados en estudios de laboratorio ya realizados, de ahí que se dirija la atención en este trabajo al estudio del bagazo de caña químicamente modificado con ácido inorgánico, como un nuevo material biosorbente.

II. MATERIALES Y METODOS:

2.1. Preparación del biosorbente.

Se emplearon muestras de bagazo tomadas del Central Azucarero sito en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Santa Clara, Cuba. El material se sometió a proceso de activación, para ello se redujo su tamaño; mediante molienda. Se sometió a tratamiento químico con Ácido Sulfúrico 0,5M para modificarlo y mejorar sus propiedades como adsorbente. La relación sólido: líquido utilizado fue de 0.05g de bagazo/mL de ácido; posteriormente se filtra la suspensión y se somete a lavados sucesivos, con el objetivo de elevar el pH del bagazo hasta el valor neutro. Por último el bagazo se somete a secado en una estufa. [2].

2.2. Caracterización del biosorbente.

2.2.1. Determinación de la densidad real. (Método Picnométrico)

Para determinar la densidad real del bagazo modificado, se empleó un picnómetro de tipo Weld de 50 mL. La técnica consistió; en pesar, con balanza analítica, determinada masa del material y se introdujo en el picnómetro; se le adicionó el solvente hasta el nivel de enrase; y se determina la densidad según la siguiente ecuación:

$$\rho_{real} = \frac{m_{part.}}{V_p - \frac{m_{solv.}}{\rho_{solv.}}} \quad (ec.2.1)$$

Donde: m_{part} - Masa de sólido (bagazo modificado); V_p - Volumen del picnómetro a 20°C con el solvente y el sólido; $m_{solv.}$ - Masa del solvente que se añade al picnómetro hasta el enrase; $\rho_{solv.}$ - Densidad del solvente.

2.2.2. Determinación de la densidad aparente:

La estimación de la densidad aparente es necesaria para poder calcular la porosidad que posteriormente se explica. El procedimiento consistió en pesar una probeta seca y limpia, adicionar una masa de la muestra hasta un determinado volumen, luego se pesa la probeta con todo su contenido, y por diferencia se obtiene la masa del sólido que se desplaza en la probeta. La densidad aparente se obtiene según:

$$\rho_{ap} = \frac{\sum m}{V \cdot n} \quad (\text{ec. 2.2})$$

Siendo: m - Masa del sólido. n - Número de replicas. V - Volumen de la probeta.

2.2.3. Determinación de la porosidad.

La porosidad de la partícula de un sólido es una medida de la rugosidad y la capacidad de la superficie. Para determinar la porosidad del bagazo modificado; se procedió a estimarla a partir de su relación con la densidad, según la ecuación:

$$e = 1 - \frac{\rho_{ap}}{\rho_{real}} = \frac{\rho_{real} - \rho_{ap}}{\rho_{real}} \quad (\text{ec. 2.3})$$

2.2.4. Microscopía Electrónica de Barrido.

Las características morfológicas del bagazo de caña natural y modificada fueron obtenidas utilizando microscopía electrónica de barrido (MEB).

2.2.5. Análisis de Infrarrojo.

Los grupos funcionales presentes en el bagazo natural y modificado fueron determinados utilizando la espectroscopia infrarroja. El rango espectral considerado para el estudio, estuvo comprendido de 4000 a 500 cm^{-1} .

2.3. Preparación de las soluciones.

Se prepararon las soluciones de metales pesados; disolviendo Sulfato de Cromo (III) a concentraciones de 2; 3,8; 5,7; 6,4; 18,1; 23; 29,4mg/L y excepcionalmente 60 mg/L

respectivamente; a pH constante (pH=4). Las soluciones de Sulfato de Níquel se prepararon a las concentraciones: 11; 15; 19; 21; 23; 25mg/L con pH =6.

III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS:

3.1. Caracterización del bagazo de caña de azúcar.

Se estimaron algunas propiedades físicas como: densidad real, densidad aparente y cálculo de la porosidad, determinándose las propiedades físicas reflejadas en la tabla 1.

Tabla 1- Resultados estimados de algunas propiedades físicas del bagazo modificado.

Propiedad física	Valor calculado
Densidad real	333,3 kg/m ³
Densidad aparente	136,6 kg/m ³
Porosidad	0,589

Las muestras de bagazo modificado, fueron analizadas empleando (MEB). Herramienta eficaz en los estudios estructurales de materiales de este tipo.

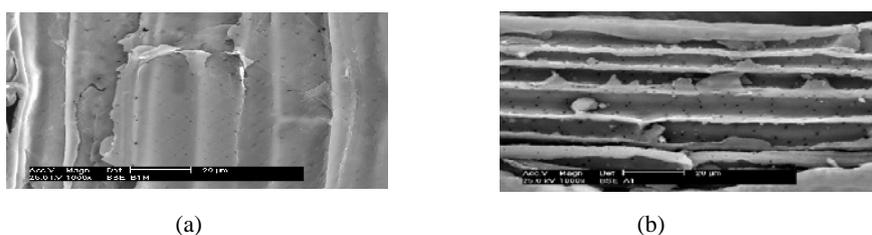


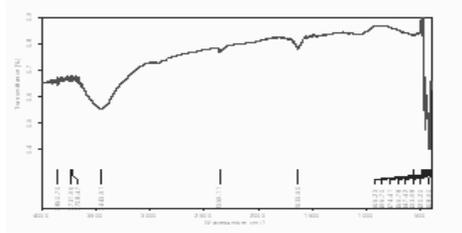
Figura 1- Microfotografías de partículas de bagazo: bagazo natural (a) 1000 x; bagazo modificado (b) 1000 x.

La morfología porosa del bagazo modificado facilita la remoción de metales en solución, debido a su superficie irregular, permitiendo la adsorción de metales en las diferentes partes del material.

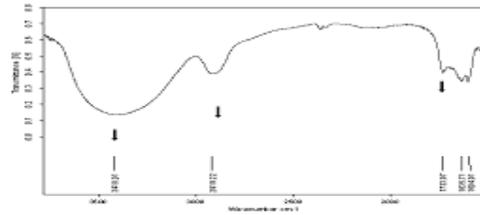
Comparando las muestras de bagazo natural con las del modificado, se observa que el tamaño medio de los poros y la superficie porosa son mayores en el modificado.

En la figura 2b; la banda ancha entre 3000 y 3750 cm^{-1} indica la presencia de grupos OH^- . La señal que se presenta entre 2940 y 2820 cm^{-1} se debe a la vibración carbonos $\text{sp}^3\text{-H}$, posiblemente grupos metilos o metilenos, presentes en la estructura de la lignina. Los picos entre 1730 y 1640 cm^{-1} son característicos de grupos carbonilos procedentes de aldehídos y cetonas. Alrededor de 1630 cm^{-1} ; el pico observado, se asocia al doble enlace carbono – carbono.

Los picos asociados con anillos aromáticos se verifican a 1505 cm^{-1} ; las deformaciones asociadas a los enlaces C-H y C-O fueron observadas entre 1085 y 1030 cm^{-1} .



(a)

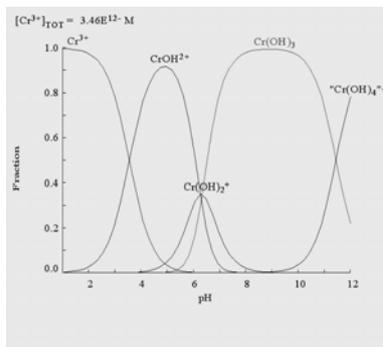


(b)

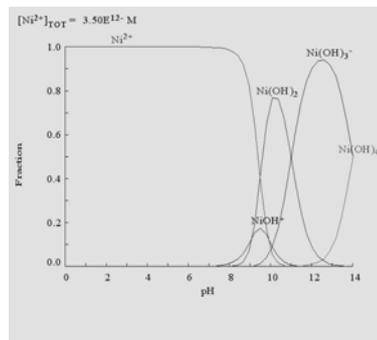
Figura 2– Espectro IR de una muestra de bagazo: (a) bagazo natura; (b) bagazo modificado.

3.2. Influencia del pH:

Se conoce del efecto del pH sobre la remoción de metales pesados [5], [7]; para establecer los valores de pH se tuvo en cuenta; además de la literatura las predicciones que se muestran en los diagramas de especiación, de la figura 3. [1].



(a)



(b)

Fig. 3. Diagrama de especiación en función del pH. (a) Especiación de Cr^{3+} Concentración 2; 6 y 60 ppm (b) Especiación de Ni Concentración 21 ppm [Puigdomenech, I., 1998]

Para el caso de soluciones de Cromo a 2, 6 y 60 ppm, a partir del valor de pH= 6, se produce la formación de especies del cromo que precipitan y por lo tanto pudiera atribuirse la remoción de metal a la precipitación química y no a la biosorción como tal; por lo que se decide trabajar en el intervalo de pH desde 3 hasta 5, en aras de determinar la mejor condición. Las soluciones de Níquel a pH = 10; tiende a formar hidróxidos, que precipitan, por lo que se decide trabajar en un rango de pH comprendido entre 5 y 7.

3.3. Influencia del tiempo de contacto.

La figura 4a muestra el comportamiento de la remoción de Cr^{3+} de soluciones preparadas a diferentes concentraciones; al cabo de 20 minutos ocurre la saturación del biosorbente, tiempo suficiente para 2 ppm; 6,2 ppm y 60 ppm de Cr^{3+} ; el tiempo de contacto será de 40 minutos, empleando las tres concentraciones analizadas.

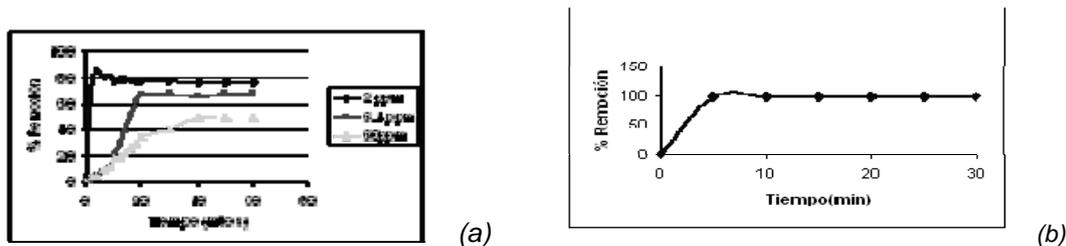


Figura 4 – Porcentaje de unión del metal pesado al adsorbente en función del tiempo de contacto ; (a).Disoluciones de cromo (III) preparadas a concentraciones diferentes, cada una; (b) . Disolución de níquel (II) una concentración de 21ppm.

La figura 4b muestra que al cabo de 10 minutos ocurre la saturación del biosorbente, en contacto con soluciones de Ni^{2+} preparadas a una concentración de 21 ppm.

3.4. Influencia de la concentración inicial de los iones de metal pesado en la solución.

Como se observa, en la figura 5a, el % de remoción de Cr^{3+} de cada una de las soluciones preparadas; disminuye con el aumento de la concentración inicial del metal. A una concentración inicial de 2 ppm; la remoción es de un 79%; mientras que a una concentración inicial de 60 ppm, la remoción de iones metálicos es de 49% aproximadamente.

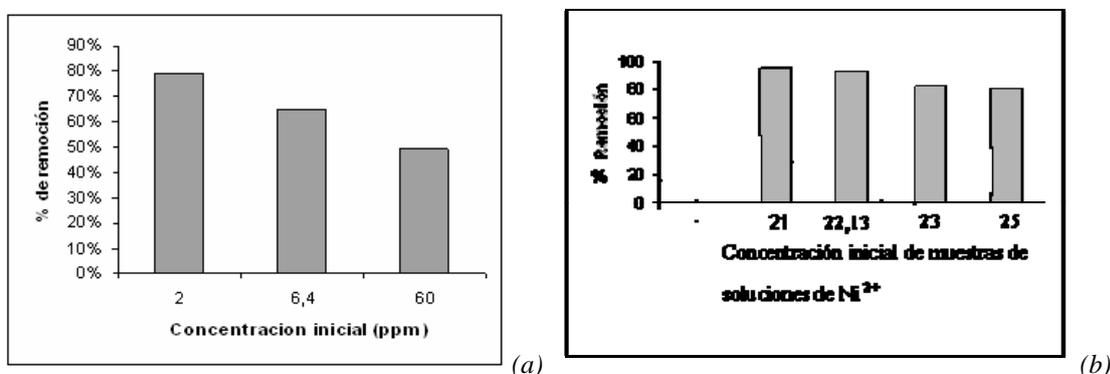


Fig 5 - Comportamiento de la remoción en función de la concentración inicial diferente de disoluciones de metal pesado; (a).Disoluciones de Cromo (III); (b).Disoluciones de Níquel.

En la figura 5b, se observa que el % de remoción de Ni^{2+} , de cada una de las soluciones preparadas; disminuye de forma discreta, con el aumento de la concentración inicial del metal.

CONCLUSIONES:

1. En el análisis de la zona dactiloscópica del espectro IR (inferior a 1450 cm^{-1}), se registran las vibraciones de la cadena como un todo, y al comparar el espectro

del bagazo natural, con el de bagazo tratado, se aprecian notables diferencias; evidencia de la transformación del material mediante el tratamiento con ácido inorgánico.

2. El bagazo químicamente modificado exhibe una considerable capacidad de biosorción de iones Cromo (III) y Níquel (II) presentes en soluciones acuosas diluidas; teniendo en cuenta una relación sólido: líquido de 5 g de biosorbente / 1L de solución.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Alomá, I., Evaluación de la operación de adsorción de metales pesados empleando columnas rellenas con bagazo de caña químicamente modificado y propuesta de escalado a nivel de planta piloto. Tesis en opción al grado de Master en Ingeniería en Saneamiento Ambiental. Departamento de Ingeniería Química. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Santa Clara. Cuba. (2006).
2. Brito, J., Propuesta de una tecnología para obtener un biosorbente de Cr^{3+} a partir del bagazo de caña. Escalado a nivel de planta piloto. Tesis en opción al grado de Master en Ingeniería de Procesos. Departamento de Ingeniería Química. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Santa Clara. Cuba.(2006).
3. Bueno, J.L., et.al., Contaminación e ingeniería ambiental: Contaminación de las aguas. Volumen III, Editora FICYT. Oviedo. (1997).
4. Cano-Rodríguez, I; Pérez-García, J.A. Remoción y recuperación de cromo (III) de soluciones acuosas por biomasa de sorgo. Revista Mexicana de Ingeniería Química vol. 1, Pág. 97-103. (2002).
5. Dokken, K; Gamez, G; Herrera, I; Tiemann, K.J. Characterisation of chromium (VI) bioreduction and chromium (III) binding to alfalfa biomass. Proceedings of the 1999 Conference on Hazardous Waste Research. (1999).
6. Puigdomenech, I. Medusa v.25. Software. <http://www.inorg.kth.se>. (1998).
7. Wei Ma, J.M. Tobin, Determination and modelling of effects of pH on peat biosorption of chromium, copper and cadmium Biochemical Engineering Journal 18. (2004).