

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE BIOADSORBENTES PARA LA REMOCIÓN DE CROMO VI EN AGUA

T.S.U Luigi Cesar Jiménez Aké, Dra. Araceli Jacobo Azuara

¹ [ingeniería en procesos biotecnológicos] | Dirección de correo electrónico: [lukerock40@gmail.com]

² [Departamento de química, División de ciencias naturales y exactas, Campus Guanajuato, universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [a.j.azuara@gmail.com]

Resumen

En el presente trabajo se estudió las propiedades fisicoquímicas de biosorbentes como pluma de pollo y paja de sorgo para evaluar la capacidad de remoción de cromo (VI) en agua. Las pruebas que se realizaron a los biosorbentes fueron punto de carga cero (PCC), sitios ácidos y básicos, potencial Z, espectroscopía infrarroja, además se obtuvieron isotermas de adsorción de cromo sobre los biosorbentes. El resultado del PCC fue de 6, los sitios ácidos y básicos se obtuvieron por un método de titulación con una concentración de sitios ácidos de 4 meq/g y de sitios básicos en un rango de 0.3-0.8 meq/g, presentando un comportamiento negativo en el Potencial Z para ambos biosorbentes, con estas propiedades se ve favorecida la absorción a pH ácidos sin que este proceso modifique la estructura obtenida por espectroscopía infrarroja. Estos resultados arrojan que la pluma de pollo y paja de sorgo son eficientes para tratar efluentes contaminados con cromo hexavalente ya que removió el 94 %, por el contrario en medio básico la adsorción decrece ya que los componentes principales de las muestras se hidrolizan en medio básico.

Abstract

In this paper biosorbents physicochemical properties was studied as chicken pen and sorghum straw to assess the ability of removal of chromium (VI) in water. The tests were performed at biosorbents point of zero charge (PCC), acidic and basic sites, potential Z, infrared spectroscopy also adsorption isotherms were obtained on biosorbents chromium. The result was 6 PCC, acidic and basic sites were obtained by a titration method with a concentration of acid sites 4 meq / g of basic sites in a range of 0.3 to 0.8 meq / g, showing a negative behavior the potential for both biosorbents Z with properties're favored absorption acid pH without this process to modify the structure obtained by infrared spectroscopy. These results show that the chicken feather and sorghum straw are efficient to treat contaminated with hexavalent chromium as it stirred for 94%, however in basic medium adsorption decreases effluent since the main components of the samples are hydrolyzed in basic medium.

Palabras Clave

Adsorción; isoterma; potencial Z; infrarrojo; biosorbente

INTRODUCCIÓN

Contaminación ambiental por metales pesados

Los metales pesados son materiales naturales que han desempeñado un papel fundamental en el desarrollo de las civilizaciones. Sin embargo, el creciente uso de éstos en diversas aplicaciones industriales, tales como la fabricación de partes electrónicas, baterías, acumuladores para autos, aleaciones metálicas y minería han llegado a generar una gran cantidad de residuos acuosos que atentan contra la salud de todos los seres vivos.

El cromo hexavalente [Cr (VI)] es la forma más tóxica de este metal, ya que es un potente oxidante de la materia orgánica, es sumamente carcinogénico, mutagénico y teratogénico. Se ha demostrado que es 100 veces más tóxico y 1000 veces más mutagénico que la forma trivalente [2]. Actualmente el Cr (VI) se considera un contaminante prioritario en muchos países [3].

Una alternativa eficiente y económica para la remoción de metales pesados en soluciones acuosas es mediante el empleo de diferentes biomateriales muertos o metabólicamente inactivos capaces de captar los metales en sus superficies celulares a través de diversos mecanismos, tales como la fisisorción, quimisorción, quelación, microprecipitación, complejación y/o el intercambio iónico. A este proceso se le llama biosorción y a los materiales biológicos muertos o inactivos se les denomina biosorbentes.

Los iones de cromo (III) se unen preferentemente a la biomasa de sorgo a pH 4.5-5, después de 15 minutos de contacto, con una capacidad de saturación de aproximadamente 10 mg/g de biomasa seca. La biomasa inmovilizada fue capaz de remover y recuperar eficientemente iones de cromo (III) en flujo continuo y en varios ciclos de remoción recuperación. [4] (I. Cano-Rodríguez, 2002)

Estudios experimentales del proceso de absorción de los colorantes azul brillante (AB) y azul de metileno (AM) sobre los residuos avícolas (plumas de gallina y cáscara de huevo determino que las

plumas poseen una excelente capacidad de adsorción para el colorante AB, mientras que la cascara de huevo mostraron resultado aceptables solo con el colorante AM. [5] (Angelina Hormaza, 2009)

Temática

El objetivo del presente trabajo fue determinar las propiedades fisicoquímicas de la paja de sorgo y la pluma de pollo como biosorbentes para la remoción de cromo hexavalente en soluciones acuosas por lotes. Para ello se estudiaron los efectos del pH, los sitios ácidos y básicos para cada biosorbentes, además se determinó el punto de carga cero, potencial Z, el espectro infrarrojo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención y preparación de la biomasa

La biomasa de sorgo y de pluma de pollo fue recolectada en el estado de Guanajuato, en industrias locales. La paja fue lavada seis veces con agua desionizada, se procedió de igual manera con la pluma posteriormente se secaron las muestras en un horno a 100 °C durante 12 h para la muestra de paja se dividió en dos porciones, la primera se trató con NaOH 0.1 N y a la segunda no se aplicó tratamiento.

Determinación de punto de carga cero

La carga de protones absorbidos se evaluó para ambas muestras mediante el procedimiento propuesto por Kuzin y Loskuov (1996) el cual consistió en colocar 24 recipientes de polipropileno de 250 ml, 50 ml de una solución de NaNO₃. A los primeros 12 recipientes se les midió el pH y se ajustó el pH 1-12 con soluciones de NaOH o de HNO₃ a 0.01 N, registrando el volumen añadido para mantener los pH establecidos (blancos). Posteriormente a los 12 recipientes faltantes se les añadió 0.1 g de la muestra (paja o pluma) y se mantuvo en agitación por 10 min. Enseguida se mide el pH y se ajusta a pH 1-12 con las soluciones mencionadas, una vez ajustado se deja por 2 h, al término se mide el pH y se registra.

Sitios ácidos y básicos

Los sitios activos de la paja y la pluma se determinaron utilizando el método de titulación ácido-base propuesto por Bohem (1970). Los sitios ácidos fueron neutralizados con una solución patrón 0.1 N de NaOH y los sitios básicos con una solución de HCL a 0.1 N. En un matraz volumétrico de 50 ml se agregó 1.0 g de paja y pluma por separado y se aforo con una solución neutralizante. Los matraces se colocaron en baño provisto de un recirculador a 25 °C y se dejaron en contacto durante 5 días para alcanzar el equilibrio. Los matraces se agitaron 2 veces al día

Determinación de Potencial Z

La determinación del Potencial Z de las muestras fue medida con el software Coloidal Dynamics leaders in coloidal measurement en el equipo Acousto Sizer II s/m Flow – System.

Adsorbedor experimental por lote

Los experimentos del equilibrio de adsorción de cromo (VI) sobre paja y pluma de pollo se llevaron a cabo en un Adsorbedor de lote como se muestra en la Fig.1 en tubos falcón de 50 ml se añadió 40 ml de la solución de cromo a 50 mg/L y 0.5 g de paja no tratada, paja tratada y pluma no tratada y se ajustaron los tres experimento a pH 2, 4, 6, 8, y 10. El Adsorbedor se sumergió en un baño a 25 °C, y se dejó durante 5 días hasta alcanzar el equilibrio, agitando 2 veces al día y controlando los diversos pH.

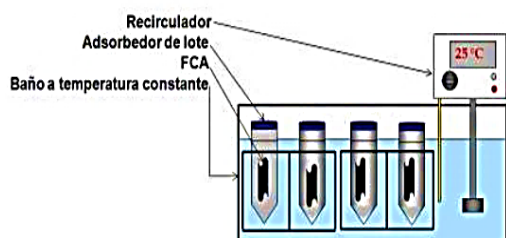


Fig. 1. Representación esquemática del Adsorbedor por lote

Determinación de la concentración de cromo (VI)

Las concentraciones de cromo (VI) se determinaron mediante un método colorimétrico utilizando un espectrofotometro UV-visible, marca Thermo Scientific GENESYS 10S Series a una longitud de onda de 540 nm [6] (Carlos Alberto Severiche, 2013)

Determinación del espectro infrarrojo en paja y luma

Para la obtención de los espectros, se empleó un Espectrofotometro Infrarrojo con Transformada de Fourier marca Bruker modelo Tensor 27 con óptica sellada y desecada, operado a temperatura ambiente y controlado por el paquete de computadora OPUS versión 6.5. Cada muestra fue analizada en forma de pastilla, se mezcló una porción de la muestra con KBr de pureza $\geq 99\%$ grado espectroscópico IR de Fisher Scientific Inc., el cual fue previamente desecado durante 18 h a 110 °C. La recolección del espectro FTIR fue a los 32 scans, con una resolución de 4cm^{-1} en el rango de frecuencia de 4000 a 400cm^{-1} . Para cada espectro obtenido, se restó el efecto de fondo del aire (background)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Punto de carga cero

La figura 2 y 3 muestra la distribución de la carga superficial de la paja y la pluma de pollo.

El PCC de la paja y pluma de pollo fue de 6, esto significa que bajo este pH predominan las especies protonadas, por lo tanto cuando ambos bioadsorbentes se encuentre en un medio a $\text{pH} < 6$ la superficie del catalizador estará más positivamente cargada por lo que la adsorción de las especies cromato y/o dicromato se incrementara debido a las atracciones electroestáticas existentes entre ellos.

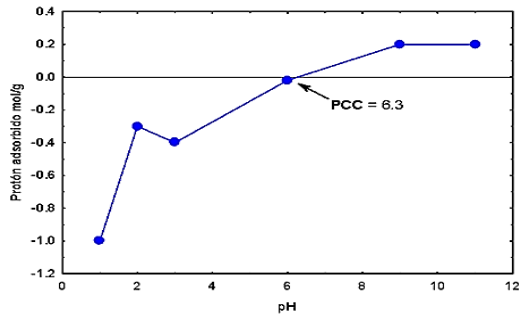


Figura 2. Curva de distribución de los protones adsorbidos para la paja

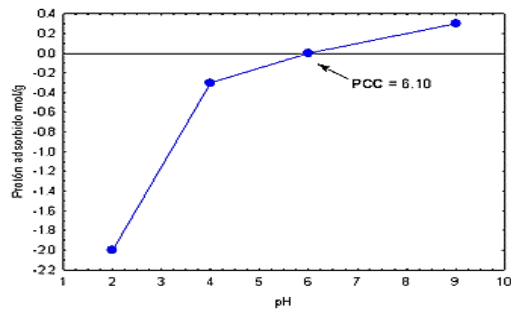


Figura 3. Curva de distribución de los protones adsorbidos para la pluma

Sitios ácidos y básicos

La concentración de los sitios ácidos y básicos obtenidos se muestra en la Tabla 1. La cantidad de sitios ácidos para la paja y la pluma se encuentran en un rango de 4 meq/g, en el caso de los sitios básicos se observan valores menores a 0.8 meq/g, la diferencia entre estos es muy notable, ya que nos indica una mayor interacción de sitios ácidos.

Mediciones de potencial z

Los resultados de la evaluación del Potencial Zeta para las muestras estudiadas, en estado natural (sin ningún tratamiento), se encuentran ilustrados en la figura 4. Las curvas presentadas muestran una fuerza de repulsión igual a cero en pH ácidos, por lo tanto con la variación de este último la concentraciones de los iones negativos aumenta,

incrementado la adsorción de iones positivos en la capa de stern, por tanto al acercarse a pH básicos la concentración de iones negativos disminuye, con lo que se presenta una menor adsorción en las capas de los sólidos hasta mantenerse constantes.

Tabla 1: sitios ácidos y básicos de la paja de sorgo y pluma de pollo

Adsorbente	Sitios básicos meq/g	Sitios ácidos meq/g
1. Paja de sorgo	0.3	4.57
2. Pluma de pollo	0.8	4.75

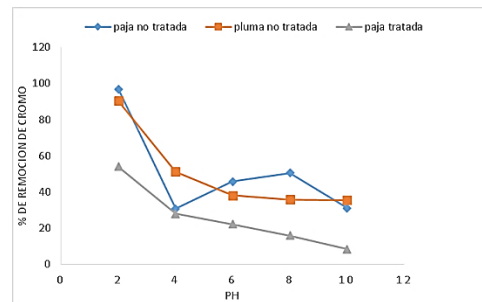


Figura 4. Potencial Zeta de suspensiones de paja y pluma en estado natural.

Isotermas de adsorción de cromo sobre paja de sorgo y pluma de pollo.

Los datos del equilibrio de adsorción sobre la paja y la pluma a pH 2, 4, 6, 8 y 10 a 25 °C se muestran en la figura 5 y en la figura 6 se presenta el porcentaje de remoción. Las mayores adsorciones de cromo obtenidas en ambas muestras se llevan a cabo a pH ácidos, este parámetro indica una mayor carga negativa en las capas de los biosorbentes, por tanto ocurre una mayor adsorción, por el contrario al presentarse una variación de pH ácido a básico la adsorción de cromo se ve disminuida.

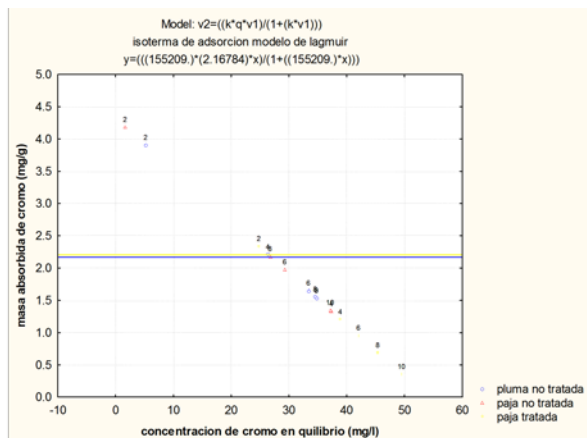


Figura 5. Isotermas de adsorción de cromo sobre paja, paja tratada y pluma de pollo a pH de 2, 4, 6,8 y 10 a 25 °C

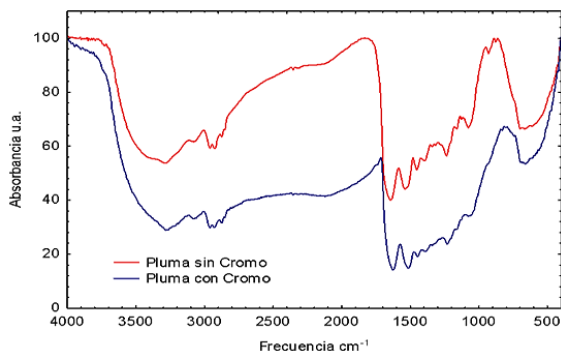


Figura 6. Porcentaje de remoción de cromo sobre paja, paja tratada y pluma a pH diferentes

Spectro infrarrojo

En las figuras 7 y 8 se muestran los infrarrojos de la pluma y paja, como se puede observar las estructuras de las muestras no se modifican al adsorber el cromo, también se observa una mayor absorbancia en las muestras que no contienen cromo, al comparar las muestras con tratamientos se observan absorbancias muy similares.

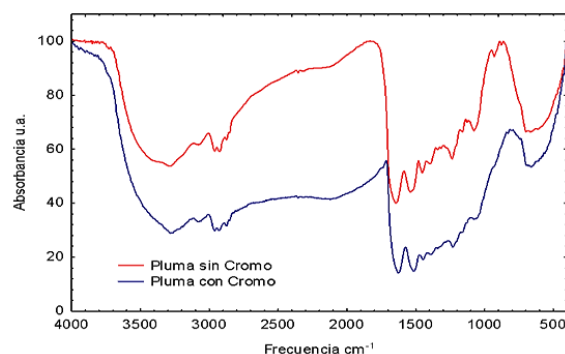


Figura 7. Infrarrojos de pluma con cromo y sin cromo

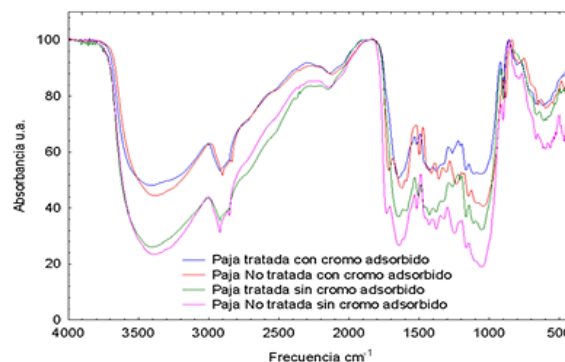


Figura 8. Infrarrojos de paja no tratada, tratada, con cromo y sin cromo

CONCLUSIONES

Los estudios realizados a los bioadsorbentes muestran que la mayor eficiencia se llevó a cabo en muestras no tratadas, ya que estos fueron capaces de remover cerca del 94% de cromo en soluciones acuosas a condiciones de pH ácidos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, a mi familia, a mis colegas de laboratorio, a la UTUsumacinta, al CCYTET y a todas aquellas personas que de alguna u otra forma hicieron posible mi estancia en el 21° verano de investigación científica celebrado en la Universidad de Guanajuato. También agradezco a la Dra. Araceli Jacobo Azuara, a la Dra. Laura Alicia Ramírez Llamas por su dedicación y

asesoramiento en el Proyecto, ya que sin la aportación de sus conocimientos, no hubiese sido posible el desarrollo de mencionado proyecto.

REFERENCIAS

1. Guillén-Jiménez FM, Netzahuatl-Muñoz AR, Morales-Barrera L, Cristiani-Urbina E. Hexavalent chromium removal by *Candida* sp. in a concentric draft-tube airlift bioreactor. *Water Air Soil Poll* 2009; 204: 43-51.
2. Wang YT. Microbial reduction of chromate. En: Lovley DR (Ed.). *Environmental microbe-metal interactions*. Washington: American Society for Microbiology Press; 2000. p. 225-235
3. I. Cano-rodíguez, I. J.-g.-v.-t. (2002). Remoción y recuperación de cromo (III) de soluciones acuosas por biomasa de sorgo. *Revista mexicana de ingeniería química vol. 1* 97-103, 100-102.
4. Angelina hormaza, e. S. (2009). Estudio del proceso de biosorción de dos colorantes estructuralmente diferentes sobre residuos avícolas. *Rev soc quím perú. 75 (3)* , 332-337.
5. Carlos Alberto Severiche, H. G. (22 de 05 de 2013). Verificación analítica para las determinaciones de cromo hexavalente en aguas por espectrofotometría. ING