

Equilibrio de adsorción de compuestos orgánicos tóxicos en agua sobre materiales híbridos

Ingrid Rubí Becerril Córdova (1), Dra. Araceli Jacobo Azuara (2)

1 [Ingeniería química, Instituto Tecnológico de Villahermosa] | Dirección de correo electrónico: [ingrid.rubi@hotmail.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

Hoy en día se presenta un gran problema debido a los muchos contaminantes orgánicos e inorgánicos presentes en las aguas residuales provenientes de efluentes industriales, tales como compuestos fenólicos, metales pesados y colorantes que constituyen una alta fuente de contaminación. En el presente trabajo se prepararon dos materiales híbridos, las microesferas quitosano-arcilla activada y el HDL con surfactante para remover compuestos tóxicos; a los cuales se le realizaron las pruebas de sitios ácidos y básicos, y punto de carga cero, con lo que se determinó que los dos materiales tienen características básicas, en los resultados del PCC en las microesferas fue de 8.6 y en el HDL de 5.8. Los datos de equilibrio de adsorción se interpretaron con el modelo de adsorción de Langmuir, se realizaron experimentos para evaluar el efecto de la temperatura y pH en el proceso de adsorción, los resultados de estos experimentos revelan que el proceso de adsorción del fenol y naranja de metilo se ve favorecido a pH básico. Los materiales son favorables al remover naranja de metilo pero para el fenol no hubo adsorción debido al pH y por el punto de carga cero.

Abstract

Today is a big problem because many organic and inorganic contaminants in the wastewater from industrial effluents, such as compounds phenolic, heavy metals and dyes that are a high source of pollution. In the present work were prepared two hybrid materials, the microspheres Chitosan-activated clay and surfactant HDL to remove toxic compounds; which were you proofs of acidic and basic sites, and loading point zero, which determined that the two materials have basic characteristics, on the results of the PCC in the microspheres was 8.6 and HDL of 5.8. Adsorption equilibrium data were interpreted with the Langmuir adsorption model, experiments were conducted to evaluate the effect of temperature and pH on the adsorption process, the results of these experiments reveal that the process of adsorption of phenol and methyl orange is favored at basic pH. The materials are favorable to remove Orange methyl but there was no adsorption due to pH and by the point of zero charge for phenol.

Palabras Clave

Bentonita, surfactante, quitosano, isoterma, adsorción.

INTRODUCCIÓN

Compuestos orgánicos tóxicos

Un gran número de compuestos orgánicos son elementales para la forma de vida de los seres humanos; los plásticos, los cauchos, los colorantes, los plaguicidas, los medicamentos, las fibras textiles entre otros. (primo Y. E, 1996).

Los compuestos fenólicos son considerados fuente fundamental de contaminación ya que son perjudiciales para la salud humana. Su presencia incluso en concentraciones muy bajas, en efluentes industriales, supone graves peligros para el medio ambiente por el riesgo de su posible inclusión a los ciclos naturales; por tanto se hace necesaria su eliminación o reducción hasta concentraciones tolerables [1].

Los colorantes son una gran familia de compuestos orgánicos en su mayoría utilizados en la industria, como el naranja de metilo que es grado dos en cuanto a la salud ya que puede causar problemas en caso de inhalación o ingesta, al ser un compuesto utilizado en la industria de los textiles y como indicador ácido-base (Ege S., 2004). Está presente en las aguas residuales y su remoción es complicada ya que no es un compuesto biodegradable [2].

Materiales Híbridos

Los materiales híbridos orgánico-inorgánico son una clase de materiales muy importantes para el campo de la ciencia de materiales y la ingeniería en general. Estos materiales híbridos tienen como propósito brindar alto rendimiento y funcionalidad, están constituidos por 2 o más componentes y pueden presentar una mejoría en sus propiedades en comparación con las observadas en sus homólogos individuales (Posada Duque, 2008) [3].

Microesferas quitosano-arcilla activada

Dentro de esta línea de investigación se han llevado a cabo estudios sobre la preparación de materiales híbridos a base de quitosano (polímero orgánico) y arcilla activada (compuesto inorgánico), estos materiales son

considerablemente atractivos debido a que sus componentes son abundantes, no tóxicos y baratos.

HDL con surfactante

Los Hidróxidos Dobles Laminares (HDL's) ofrecen ventajas para ser utilizadas como materiales híbridos adsorbentes gracias a su gran capacidad de intercambio iónico, disponibilidad y bajo costo [4].

El término HDL's se utiliza para designar hidróxidos sintéticos o naturales con al menos dos tipos de cationes metálicos en las láminas principales y que en el dominio interlaminares contienen especies aniónicas. Esta gran familia de compuestos también se denomina arcillas aniónicas, por comparación con las arcillas catiónicas, las cuales en su región interlaminares contienen cationes [5].

El objetivo de este trabajo es estudiar la capacidad de adsorción del fenol y naranja de metilo en solución acuosa por medio de los materiales híbridos, que son las microesferas quitosano-arcilla activada y el HDL con surfactante.

MATERIALES Y MÉTODOS

Síntesis de los materiales híbridos

La síntesis de las microesferas híbridas Quitosano-montmorillonita se usó la siguiente metodología (Hamid, Rachid, Mokhtar y Mosto, 2011).

Para la preparación de la arcilla activada se pesaron 7 g de bentonita, lentamente se adicionó H_2SO_4 a 0.1 N y se puso en agitación por 4 h, la solución de bentonita se filtra y el sólido resultante se seca a 100 °C por 2 h. Primero se mezcla el quitosano soluble al 2% p/v con 1 g de la arcilla activada, obteniendo así una solución de quitosano-arcilla en medio ácido con pH entre 4 y 5, esta mezcla se mantiene en agitación continua durante 4 h a temperatura ambiente. La gelatinización de las esferas se obtiene mediante un dispositivo de goteo, la mezcla de quitosano-

arcilla tipo montmorillonita es suministrada con ayuda de la aguja con flujo constante de goteo de 0.5 mL/min, a una solución de NaOH al 5 % p/v, se necesita mantener la solución de sosa con una agitación moderada. Las microesferas se mantienen en solución alcalina de pH 14 por 2 horas y posteriormente se lavan con agua desionizada hasta llegar a pH neutro de 7.

Para la síntesis del HDL se realizó en un matraz de bola de 5000 ml con fondo plano en el cual se agregan 150 ml de agua desionizada y NaOH a 1 N se agita hasta alcanzar 70° C y un pH de 10, después se le incorpora el un surfactante catiónico bromuro de cetil trimetil amonio con una concentración de 20 mmol/L, conectado a una bomba peristáltica adicionando por goteo una disolución donadora de cationes divalentes (sulfato de magnesio) y trivalentes (sulfato de aluminio) Al concluir el goteo de los reactivos se mantiene en envejecimiento durante 18 h esto se refiere el mantener la agitación y la temperatura constante en este mismo paso ya no es necesario el control del pH ya que se estuvo controlando entre 10 y 11 durante la síntesis. Terminando el tiempo de envejecimiento se interrumpe la agitación y la temperatura para dejar precipitar la suspensión y proseguir al filtrado lavando los cristales con agua desionizada, después se somete a secado en la estufa a 80 °C durante 2 h.

Punto de carga cero

La metodología empleada para esta técnica se menciona a continuación: Se pesan 0.5 g de hidroesferas QS-MMT y 0.1 g de HDL se colocan en un vaso de precipitados de plástico de 50 mL, se agrega 25 mL de solución de NaCl 0.1N para las microesferas y NaNO₃ para el HDL agregando 0.1 ml, 0.5 ml, 1 ml, 2 ml, 3 ml, 4 ml, 5 ml de soluciones valoradas de HCl a 0.1 N o NaOH a 0.1 según el caso, la solución con los materiales se mantienen en agitación por 48 h, al finalizar ese tiempo se mide el pH de cada una de las soluciones y también se comparó con las soluciones neutralizantes sin material. Con los resultados obtenidos se realiza una gráfica de volumen agregado de solución NaOH y HCl contra el pH final de la solución neutralizante con la muestra sintetizada y otra con la solución neutralizante sin material sintetizado, la interacción

de estas dos curvas correspondió al punto de carga cero (PCC) del material sintetizado.

Una vez generada la curva de titulación potenciométrica se estimó el volumen de solución neutralizante sin adsorbente (V_B) y el volumen de solución neutralizante con adsorbente (V_M) para alcanzar determinado pH, estos valores de volúmenes fueron utilizados para calcular los moles del protón adsorbido sobre el material a un determinado pH final.

Sitios ácidos y básicos

Los sitios activos de las microesferas y el HDL con surfactante se determinaron utilizando el método de titulación ácido-base propuesto por Bohem (1970). Los sitios ácidos fueron neutralizados con una solución de NaOH a 0.1 N y los sitios básicos con una solución de HCl a 0.1 N. En un matraz volumétrico de 50 ml se agregó 0.5 g de microesferas y 1 g de HDL y se aforo con una solución neutralizante. Los matraces se colocaron en baño a 25 °C y se dejaron en contacto durante 5 días para alcanzar el equilibrio. Los matraces se agitaron 2 veces al día.

Pruebas de adsorción

Para las pruebas de adsorción del fenol y naranja de metilo se preparó con una solución patrón con buffer a pH de 6 con ayuda del potenciómetro para tener un pH más exacto en un vaso de 2 L y con agitación se colocó ácido clorhídrico 1 N, y se adicióno con cuidado la solución de NaOH. Hasta ajustar a los pH que se necesitaba.

A partir de las soluciones patrón de 1000 mg/L de fenol y naranja de metilo con pH 6 se realizaron diluciones de 200 mg/L, 150 mg/L, 100 mg/L, 50 mg/L, 20 mg/L y 10 mg/L.

De cada solución se tomaron 10 ml para usarlos como blancos y los 40 ml restantes se colocaron en tubos de 50 ml donde para cada tubo se le colocó 0.5 g de microesferas hidratadas de quitosano-arcilla y 0.1 g de HDL, después se les ajusto el pH para colocarse en un baño a temperatura constante con el termorregulador de 25 °C. Durante 5 días que es cuando el material y

la solución llegan a un equilibrio, se controló diariamente el pH para mantenerlo constante para después llevarlo a la al baño a temperatura constante.

Al finalizar los 5 días se tomó una muestra de 10 ml de las soluciones tratadas y se analizó las muestras y los blancos previamente guardados por medio de un espectrofotometro UV-visible.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sitios ácidos y básicos

La concentración de sitios ácidos y básicos de las microesferas quitosano-arcilla activada y del HDL con surfactante se muestran en la tabla 1, donde se puede apreciar que la cantidad de sitios básicos fue de 28.639 meq/g y 1.34 meq/g para las microesferas y el HDL, respectivamente. Los sitios ácidos, se observa un valor de 7.15 meq/g para las microesferas y de 0.80 meq/g para HDL. Sin embargo, puede decirse que los materiales sintetizados tienen la característica de ser básicos.

Tabla 1: sitios ácidos y básicos de las microesferas y el HDL

Adsorbente	Sitios básicos meq/g	Sitios ácidos meq/g
1. Microesferas quitosano-arcilla	28.639	7.159
2. HDL con surfactante	1.34	0.80

Punto de carga cero

La gráfica de la distribución de los protones adsorbidos se muestra en la figura 1 y 2, para las microesferas y el HDL, respectivamente. El PCC de las microesferas fue de 8.66 y el del HDL 5.8.

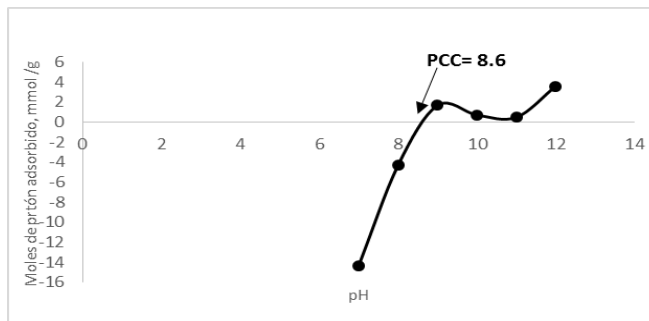


Figura 1 curva de distribución de los protones adsorbidos para las microesferas quitosano-arcilla activada

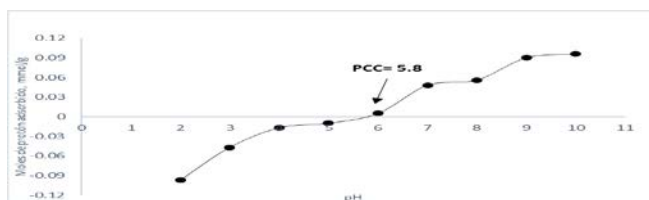


Figura 2 curva de distribución de los protones adsorbidos para el HDL con surfactante

Isotermas de adsorción

En la grafica 3, 4, 5, y 6 se observan los datos del equilibrio de adsorción sobre los materiales híbridos.

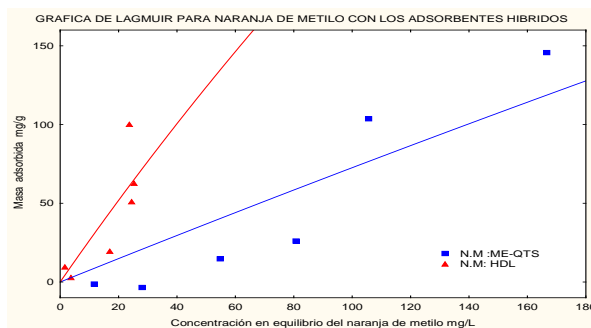
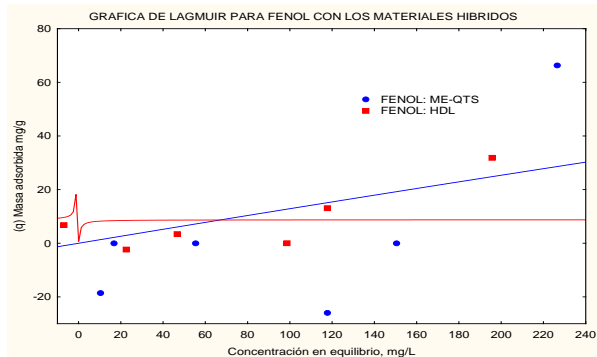
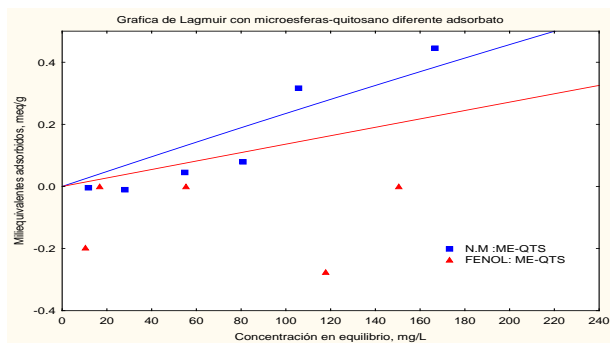


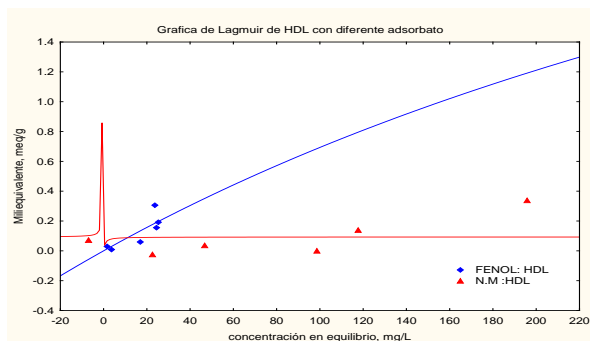
Figura 3 Isoterma de adsorción de naranja de metilo para las microesferas quitosano-arcilla activada y HDL con surfactante a pH 6 y T: 25°C



Grafica 4 Isotherma de adsorción del fenol para las microesferas quitosano-arcilla activada y HDL con surfactante a pH 6 y T: 25°C



Grafica 3 Isotherma de adsorción del fenol y naranja de metilo para las microesferas quitosano-arcilla activada y a pH 6 y T: 25°C.



Grafica 6 Isotherma de adsorción del fenol y naranja de metilo para el HDL con surfactante a pH 6 y T: 25°C.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en este trabajo se concluye: que las microesferas y el HDL presentaron capacidad de adsorción para el colorante naranja de metilo, en cuanto al fenol se reporta que no hubo adsorción para las microesferas debido al pH trabajado y al punto de carga cero, y al usar el HDL para la remoción del fenol se observa que se puede interpretar que puede ser un elemento viable en la remoción de este contaminante.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco a mis padres por darme el apoyo de participar en este verano, de la misma manera a la Dra. Araceli Jacobo Azuara por brindarme el apoyo, la confianza, la paciencia y por haberme dado la oportunidad de formar parte de su proyecto, al CCYTET por la beca otorgada y por último a mis compañeros de laboratorio por haber compartido su tiempo, amistad y conocimientos.

REFERENCIAS

- 1.- Castro, D. P. (2013). Caracterización y activación química de arcilla tipo bentonita para su evaluación en la efectividad de remoción de fenoles presentes en aguas residuales . 22-38.
- 2.- Tuesta, E. G. (2005). Modificación química de arcillas y su aplicación para la retención de colorantes. Rev. Soc. Quím. Perú., 26-36.
3. Flores, N. I. (2008). Obtención y caracterización de materiales híbridos a base de quitosano. 14-22.
- 4.- Ennajih, H. (2012). Chitosan-montmorillonite bio-based aerogel hybrid microspheres. el sevier, 2-5.
- 5.- Costa F, L. A. (2008). Intercalation of Mg-Al layered double hydroxide by anion surfactants: Preparation and characterization. , Appl. Clay Sci., , 153-164.