EVALUACIÓN DE LA CASCARILLA DE HIGUERILLA COMO POSIBLE ADSORBENTE DE CONTAMINANTES FENÓLICOS EN FASE ACUOSA

Luisa Fernanda Navarrete Rodríguez, Zurelly Rodríguez Parra*

RESUMEN

Navarrete Rodríguez L.F., Z. Rodríguez Parra: Evaluación de la cascarilla de higuerilla como posible adsorbente de contaminantes fenólicos en fase acuosa. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **36** (141): 595-598, 2012. ISSN 0370-3908.

Con el propósito de brindar valor agregado a la cascarilla de higuerilla como bio–adsorbente para el tratamiento de aguas residuales, se realizaron ensayos preliminares de retención en fase acuosa de fenol y p-nitrofenol a una temperatura de 25°C, considerando factores tales como concentraciones iniciales (30 – 60 ppm) y pH; los datos obtenidos fueron analizados de acuerdo a los modelos de Langmuir y Freundlich observando cantidades retenidas que van desde 7 hasta 15 ppm del compuesto en el material sin tratamiento alguno.

Palabras claves: cascarilla, higuerilla, adsorción, fenoles, aguas.

ABSTRACT

An investigation was initiated to evaluate the potential use of castor seed shell as a bio–adsorbent for wastewater treatment to reduce the adverse environmental impacts. Preliminary tests were conducted in aqueous phase retention phenol and p-nitrophenol at a temperature of 25° C, considering factors such as initial concentrations (30 - 60 ppm), pH and contact time. The data obtained were analyzed using Langmuir and Freundlich models, which showed 7 to 15 ppm of phenol and p-nitrophenol were retained of the compound in the untreated material.

Key words: seed shell, castor, adsorption, phenols, water.

Introducción

El agua es uno de los recursos naturales más abundantes en la tierra, aunque su disponibilidad para consumo se limita cada vez más debido a cambios climáticos, deforestación, crecimiento de la población y principalmente al incremento en la industrialización, lo cual genera graves problemas de contaminación que proceden de fuentes puntuales como son los compuestos fenólicos: materia prima y/o productos básicos de las refinerías de petróleo, plantas de coque, metalurgia, galvanoplastia, curtiembres, fabricación de productos químicos, medicamentos, colorantes, insecticidas, pesti-

* Grupo Tecnoambiental. Facultad de Ingeniería, Universidad Libre. Bogotá – Colombia. luisaf.navarreter@unilibrebog.edu.co

cidas, plásticos entre otros (**Kujawski**, 2004; **Pérez**, 2009; **Agoubordea**, 2009). Estos contaminantes son altamente tóxicos, no se degradan fácilmente, produciendo efectos adversos sobre ecosistemas terrestres y marinos.

Entre los diferentes métodos disponibles para remover contaminantes orgánicos e inorgánicos del agua se encuentran biodegradación anaerobia y aerobia, oxidación química con ozono, precipitación química, filtración por membrana, extracción con solventes, reducción electrolítica, adsorción con resina de intercambio iónico y carbón activado sin embargo, la utilización de dichos métodos implica altos costos y, en algunos casos requiere de pretratamientos y/o tratamientos adicionales. La búsqueda constante de alternativas ha centrado la atención en la naturaleza misma, contemplando el uso de materiales biológicos "biomasa" en la retención de contaminantes y tecnologías de recuperación con la posibilidad de regenerar dicho material de forma eficiente y rentable (**Akcay**, 2004; **Alvarez**, 2005; **Sponza**, 2005; **Park**, 2007; **Chandra**, 2003; **Batista**, 2009).

La biomasa básicamente es materia orgánica originada por desastres naturales y procesos antropogénicos tales como madera de bosques, residuos de procesos industriales, agrícolas y forestales; incluye igualmente componentes naturales derivados del crecimiento de la tierra y vegetación húmeda generados a través de fotosíntesis o de la digestión de alimentos tanto de animales como de seres humanos.

La capacidad de adsorción de la biomasa específicamente material lignocelulósico se debe a su naturaleza química superficial; variedad de compuestos que contienen como grupos funcionales hidroxilos, carboxilos, aminas entre otras, los cuales son capaces de retener el ion de interés, removiendo un amplio espectro de compuestos orgánicos e inorgánicos que se encuentran usualmente en las aguas residuales (**Oladoja**, 2008; **Lesmanaa**, 2009; **Jianfeng**, 2010).

En el presente trabajo se evalúa de forma preliminar el uso de la cascarilla de higuerilla como bioadsorbente, el cual a futuro puede ser empleado como tratamiento complementario en la disminución del impacto ambiental creado por la utilización de contaminantes fenólicos.

Experimental

Materiales y Reactivos: se emplea cascarilla de higuerilla, proveniente de la región de Duitama – Boyacá, cuya composición en lignina y celulosa corresponden a 57,6 % y 42,4 % respectivamente.

Soluciones acuosas de fenol y p-nitrofenol a partir de reactivos analíticos marca Merck. Se emplean soluciones de NaOH y HCl en concentraciones 0,1 y 0,01 M, para ajustar el pH al valor deseado.

- *Pretratamiento:* la cascarilla se lava con agua para luego someterla a calentamiento a temperatura de 100 ºC durante un periodo de tiempo de 5 horas, por último se realiza una reducción y homogenización de tamaño de partícula a 2 mm.

- *Propiedades superficiales:* la determinación de los grupos funcionales superficiales oxigenados se cuantifican por el método Boehm (**Salame**, 2003).

- *Adsorción fase acuosa:* los ensayos de adsorción se realizan a una temperatura de 25°C, previa determinación de las curvas de calibración y tiempos de equilibrio, empleando volúmenes de soluciones fenólicas de 50,0 mL en concentraciones que van desde 5 hasta 80 mg/L en valores de pH de 6.0, 10.0 y cantidades de 0,5000g del adsorbente. Las concentraciones se miden con un espectrofotómetro UV-VIS Spectroquant Pharo 300 Merck, a la longitud de onda de máxima absorción, las cuales corresponden a 274 y 346 nm para fenol y p-nitrofenol respectivamente. Los datos de adsorción se analizan empleando los modelos teóricos de Langmuir y Freundlich.

Resultados y Discusión

- *Pretratamiento*: reduce al máximo posibles interferencias debidas a la presencia de materia extraña y/o heterogeneidad de tamaño y por ende área superficial disponible, lo cual permite establecer la capacidad adsorbente natural del material lignocelulósico a emplear.

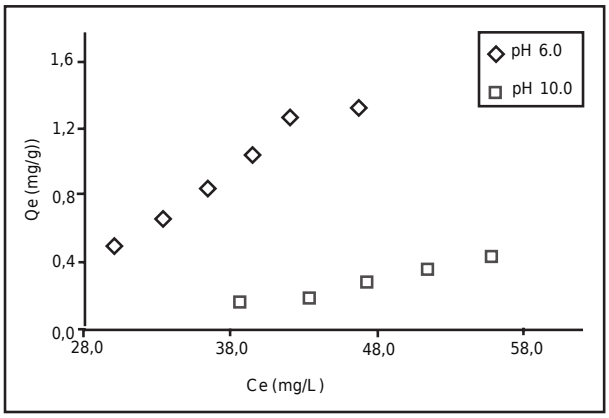
- *Propiedades superficiales*: la determinación de la acidez y basicidad total superficial de la muestra se puede apreciar en la **tabla 1**, en donde grupos funcionales tales como carboxilos, fenoles entre otros, se encuentran en mayor concentración, lo cual sugiere que la capacidad de retención que pueda llegar a presentar el material adsorbente se debe básicamente a posibles interacciones entra moléculas de adsorbato y grupos funcionales de superficie de carácter ácido.

Tabla 1: caracterización preliminar cascarilla de higuerilla

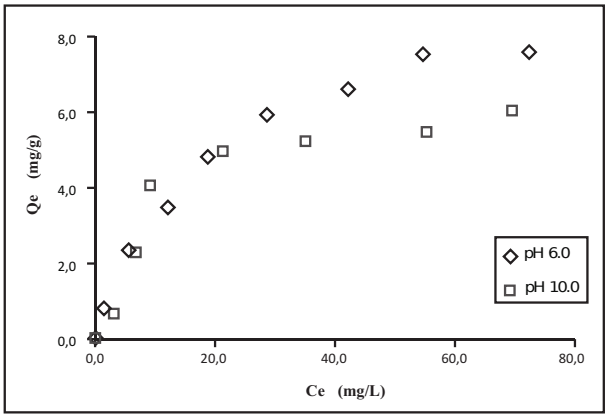
Característica	
Tamaño partícula (mm)	2,0
Acidez total (mequiv./g)	0.61
Basicidad total (mequiv./g)	0.39

- *Adsorción*: fenol y derivados cuando se encuentran en medio ácido son especies protonadas, mientras que en medio básico en su mayoría se hallan en forma aniónica, la conversión de una especie a otra proporciona un par adicional

de electrones que se encuentran disponibles al sistema conjugado del anillo aromático; el comportamiento del fenol y p-nitrofenol en el proceso de adsorción bajo influencia de la variación del pH de la solución, se refleja en las respectivas isotermas **gráficas 1a y 1b**.



a) Fenol



b) p-nitrofenol

Gráfica 1: Isotermas adsorción fenoles

En la **gráfica 1a** se observa que el pH modifica la cantidad de soluto retenido; el fenol con un pK_a de 9,96 predomina en forma molecular, cuando el pH de la solución se encuentra por debajo de dicho valor es decir a pH 6.0, se produce un incremento en la cantidad de fenol retenido, mientras que a pH de 10.0 la cantidad del compuesto es menor debido básicamente a que la forma disociada del fenol es más soluble en solución.

En solución acuosa el p-nitrofenol sigue los mismos principios del fenol **gráfica 1b** sin embargo, en los resultados obtenidos se aprecia una disminución considerable en la cantidad adsorbida, hecho que se atribuye directamente a la influencia que tiene la presencia del grupo nitro como desactivante del anillo aromático.

En la **tabla 2** se resumen los parámetros de linealización de los datos de adsorción, aplicando los modelos de Langmuir y Freundlich.

Al comparar la correlación lineal entre los dos modelos aplicados, se puede apreciar que ésta es ligeramente mayor para Freundlich, lo cual es un índice que el proceso de adsorción de los fenoles sobre la cascarilla de higuerilla como adsorbente se lleva a cabo preferencialmente en superficies heterogéneas

En el modelo de Freundlich el valor de la constante K_F es un índice de la capacidad de adsorción, la cual en general es mucho mayor para las soluciones que se encuentran a pH 6.0. En cuanto al valor de 1/n es una medida de la heterogeneidad de la superficie del sólido; valores cercanos a 0 indican superficies heterogéneas (**Ahmaruzzaman**, 2005; **Ayranci**, 2005), cuando 1/n toma valores menores que 1, significa que el proceso de adsorción es favorable en dichas superficies, hecho que resulta apreciable para el caso del fenol especialmente a un pH de solución en el que es menor que el pKa del compuesto.

Tabla 2: parámetros linealización modelos Langmuir y Freundlich para fenol y p-nitrofenol

Compuesto	pH	Langmuir			Freundlich		
		Qmax	b	R	KF	1/n	R
Fenol	6.0	8.74	0.0824	0.959	0.792	0.571	0.975
	10.0	6.94	0.0847	0.905	0.449	0.667	0.909
p-nitrofenol	6.0	0.714	0.0146	0.888	$5.23x10^{-4}$	2.04	0.965
	10.0	NA	NA	NA	$1.39x10^{-6}$	3.12	0.976

Tal vez el parámetro más importante de comparación en el modelo de Langmuir es el valor de Q_{max}, que estima la capacidad de adsorción del adsorbato, el cual para el fenol resulta ser considerablemente mayor en comparación con el p-nitrofenol, debido probablemente a la acidez misma del soluto.

Conclusiones

Los resultados preliminares obtenidos muestran que la cascarilla de higuerilla presenta un gran potencial como adsorbente natural alternativo de compuestos fenólicos en medio acuoso, en donde la adsorción se lleva a cabo sobre superficies heterogéneas, siguiendo básicamente el modelo de Freundlich.

Referencias Bibliográficas

Agoubordea, L., Navia, R. 2009. Heavy metals retention capacity of a non-conventional sorbent developed from a mixture of industrial and agricultural wastes. Journal of Hazardous Materials **167**, 536–544.

Ahmaruzzaman, M., Sharma, D.K. 2005. Adsorption of phenols from wastewater. J. Colloid Interface Sci. **287**, 14–24.

Akcay, M., Akcay, G. 2004. The removal of phenolic compounds from aqueous solutions by organophilic bentonite. Journal of Hazardous Materials B**113**, 189-193.

Alvarez, P., García- Araya, J.F., Beltrán, F.J., Masa, F.J., Medina, F. 2005. Ozonation of activated carbons: Effect on the adsorption of selected phenolic compounds from aqueous solutions. Journal of Colloids and Surface Science **283**, 503-512.

Ayranci, E., Duman, O. 2005. Adsorption behaviors of some phenolic compounds onto high specific area activated carbon cloth. Journal of hazardous material **124**, 125-132.

Batista, A., et al. 2009. Biosorption of Cr(III) using *in natura* and chemically treated tropical peats. Journal of Hazardous Materials **163**, 517–523.

Chandra, K., Kamala, C., Chary, N., Anjaneyulu, Y. 2003. Removal of heavy metals using a plant biomass with reference to environmental control. Int. J. Miner. Process **68**, 37– 45.

Jianfeng, S., et al. 2010. The prediction of elemental composition of biomass based on proximate analysis. Energy Conversion and Management **51**, 983–987.

Kujawski, W., et al. 2004. Removal of phenol from wastewater by different separation techniques. Desalination **163** 287-296.

Lesmanaa, S., Febrianaa, N., Soetaredjoa, F., Sunarsob, J., Ismadjia, S. 2009. Studies on potential applications of biomass for the separation of heavy metals from water and wastewater. Biochemical Engineering Journal **44**, 19–41.

Oladoja, N., Aboluwoye, C., Oladimeji, Y., Ashogbon, A., Otemuyiwa, I. 2008. Studies on castor seed shell as a sorbent in basic dye contaminated wastewater remediation. Desalination **227**, 190–203.

Park, H., et al. 2007. Removal of heavy metals using waste eggshell. Journal of Environmental Sciences **19**, 1436–1441.

Pérez, A., et al. 2009. Biosorption of chromium (III) by orange (*Citrus cinensis*) waste: Batch and continuous studies. Chemical Engineering Journal **155**, 199–206.

Salame, I., Bandosz, T. 2003. Role of surface chemistry in adsorption of phenol on activated carbons. Journal of Colloid an Interface Science **264**, 307-312.

Sponza, D., Selcuk, Ö. 2005. p-nitrophenol renoval in a sequential anaerobic migrating blanket reactor (AMBR) / aerobic completely stirred tank reactor (CSTR) system. Process Biochemistry **40**, 1679-1691.

Recibido: 15 de julio de 2011
Aceptado para publicación: 5 de diciembre de 2012