Rev. LatinAm. Metal. Mat.

Artículo Suplemento

www.rlmm.org

EVALUACIÓN DE HIDROGELES DE ACRILAMIDA-co-ÁCIDO ITACÓNICO EN LA DISMINUCIÓN DE IONES DE Fe CON POTENCIALES USOS EN PLANTAS PARA TRATAMIENTO DE AGUAS POTABILIZADAS

Arnaldo Ramírez[1, 2], Henry Astudillo[1], José L. Prin[1], Lenny Moya[3] y Blanca Rojas de Gáscue[1]

1: Universidad de Oriente. Instituto de Investigaciones en Biomedicina y Ciencias Aplicadas, IIBCAUDO "Susan Tai", Cumaná, Estado Sucre, Venezuela.

2: Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Unidad de Estudios Básicos, Área de Química, Ciudad Bolívar, Edo. Bolívar

3: HIDROBOLÍVAR, C.A., Gerencia de Control de Calidad. Puerto Ordaz. Edo. Bolívar.

**e-mail: arnaldoluisramirez@gmail.com y blanca_gascue@yahoo.com*

RESUMEN

En el siguiente trabajo se sintetizaron copolímeros hidrogeles (HGs) a partir de acrilamida con ácido itacónico (AAm-co-AI) en agua desionizada. Se utilizó como iniciador persulfato de amonio (PSA) y como agente entrecruzante N,N`metilenbisacrilamida (NMBA). La determinación del grado de hinchamiento (GH) se realizó gravimétricamente en agua desionizada y soluciones de $FeSO_4 \cdot 3H_2O$, encontrándose que el GH presentó una disminución desde 9286 % en agua desionizada hasta 557 % en una solución de 150 mg/L de Fe^{2+}; estas variaciones pueden ser explicadas en función del entrecruzamiento iónico generado y evaluando la formación de complejos entre los grupos C=O y los iones hierro, que estarían sustituyendo a la formación de los puentes de hidrógeno que se generan con el agua. Se estudió el efecto de la concentración inicial de la solución de $FeSO_4 \cdot 3H_2O$ sobre la capacidad de absorción de iones Fe^{2+} en los hidrogeles sintetizados. Se prepararon soluciones con las siguientes concentraciones de Fe^{2+}: 10 mg/L, 30 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L y 150 mg/L, encontrándose un incremento en la capacidad de absorción a medida que se aumentó la concentración inicial de la solución. Los resultados son relevantes porque dan indicios sobre las características iniciales que debe tener el efluente a tratar para lograr la mayor absorción posible de iones Fe^{2+}, por parte del hidrogel de vista a su aplicación en el tratamiento del agua para hacerla potable.

Palabras Claves: *Hidrogeles, Absorción, Agua potable, Hierro.*

ABSTRACT

In the following work copolymers hydrogels were synthesized from acrylamide with itaconic acid (AAm-co-AI) in deionized water. Persulphate ammonium (PSA) was used as initiator and N,N`-methylenebisacrylamide (NMBA) as crosslinking agent. Determining the degree of swelling (GH) was performed gravimetrically in deionized water and $FeSO_4 \cdot 3H_2O$ solutions, finding that GH presented a decrease from 9286 % in deionized water to 557 % in a solution of 150 mg/L of Fe^{2+}, these variations can be explained in terms of ionic crosslinking generated and evaluating the complex formation between C=O groups and Fe ions, which would be replacing the hydrogen bond formation with water. The effect of initial concentration of the $FeSO_4 \cdot 3H_2O$ solutions on the absorption capacity of Fe^{2+} in synthesized hydrogels was studied. These solutions were prepared with the following concentrations of Fe^{2+} : 10 mg/L, 30 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L y 150 mg/L found an increase in the absorption capacity when the initial concentration of solution was increased. The result are important because they give as evidence about the initial characteristics that must have the effluent to be treated to achieve the highest possible absorption of Fe^{2+} ions in hydrogels, to its application in the treatment of water for drinking.

Keywords: *Hydrogels, Absorption, drinking water, iron.*

1. INTRODUCCIÓN

Los hidrogeles son materiales formados por el entrecruzamiento de cadenas de polímeros que presentan carácter hidrófilo, tienen la capacidad de absorber e interaccionar con soluciones acuosas, manteniendo una consistencia sólida. El hierro es uno de los elementos más comunes en la superficie de la tierra, llega a los cuerpos acuosos cuando estos entran en contacto con sus minerales y los disuelven, su presencia en el agua que se abastece residencialmente genera problemas estéticos y potencialmente de salud [1,2]. El Fe puede darle al agua un sabor, olor y color indeseable, además favorece el crecimiento de bacterias ferrosas que se adhieren en

©2012 Universidad Simón Bolívar

el interior de la tubería causando manchas rojizos-cafés en la ropa, porcelana, platos, y otros utensilios, así como algunas enfermedades hematológicas. El método para la eliminación de hierro depende de su forma y contenido, convencionalmente se utilizan métodos como: oxidación química, tratamiento con fosfato, filtración con arcillas, filtración, intercambio iónico [3,4], entre otros; en este ámbito los hidrogeles con grupos ionizables en su estructura se han utilizado para la absorción de diversos metales pesados (hierro entre ellos) presentes en muestras acuosas contaminadas [5-10]. Estos materiales en los últimos años han ganado creciente interés por sus características de red tridimensional, afinidad al agua, fácil aplicación en muestras líquidas, selectividad, capacidad de reutilización. La posibilidad de incorporar grupos químicos específicos mediante síntesis directa (evitando tratamiento post-síntesis necesarios en otros materiales) han convertido estos polímeros absorbentes en materiales muy útiles para la reducción de iones metálicos provenientes de ríos, lagos y otras fuentes a ser potabilizadas, que requieren ser transparentes.

En el siguiente trabajo se presenta la aplicación de hidrogeles tipo copolímeros basados en acrilamida y ácido itacónico en la absorción de iones Fe^{+2} presentes en soluciones acuosas, se busca establecer la relación entre la concentración de la solución a ser tratada y la capacidad de absorción de los hidrogeles sintetizados.

2. PARTE EXPERIMENTAL

Los hidrogeles se sintetizaron disolviendo las cantidades respectivas de los monómeros en agua desionizada a fin de obtener un material con una relación en masa de 9:1 (AAm:AI), se utilizó 1% de NMBA y 0,5% de PSA, la mezcla se realizó en tubos de ensayos esmerilados y una vez homogenizada se colocó en baño de aceite isotérmico durante 3 horas a 60ºC, bajo flujo de nitrógeno.

El grado de hinchamiento se determinó gravimétricamente midiendo la ganancia de masa del HG en función del tiempo y empleando la ecuación: GH=(Ws-Wd)*100/Wd (Ws: masa del HG húmedo; Wd: masa del xerogel). Para esto se sumergieron pastillas de xerogeles de 0,1 g en los medios de estudio: agua desionizada y soluciones de $FeSO_4 \cdot 3H_2O$ preparadas en un rango de concentraciones que iba desde 10 mg/L a 150mg/L.

Los HG se caracterizaron mediante espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FTIR), a fin de verificar la incorporación efectiva de los monómeros utilizados en la estructura del material. Se utilizó un espectrómetro infrarrojo FTIR Perkin Elmer, modelo 16PC.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la figura 1 se muestran los espectros obtenidos mediante FTIR donde se destacan la presencia de las siguientes bandas: Una banda en la región de 1650 a 1670 cm^{-1} atribuida a la vibración de estiramiento del grupo carbonilo (C=O) de las amidas y la banda correspondiente a la vibración de flexión del grupo N-H en la región de 1550 cm^{-1} a 1640 cm^{-1}. Una banda de alargamiento del grupo oxidrilo (O-H) en la región de 2500 a 3300 cm^{-1}. Y la señal del C=O del ácido itaconico en el HG AAm-co-AI que aparece entre 1700 cm^{-1} y 1730 cm^{-1}.

En la figura 2 se puede apreciar la evolución del grado de hinchamiento en función del tiempo para hidrogeles AAm-co-AI, la incorporación de pequeñas cantidades del AI en la síntesis incrementa aproximadamente 7 veces el grado de hinchamiento del copolímero en comparación con el HG de 100% AAm, (el grado de hinchamiento para el HG AAm-co-AI fue 9286 % mientras que en el HG de poliacrilamida el hinchamiento medido fue de 1367 %). Esto debido al fuerte carácter hidrofílico del monómero AI, el cual aporta dos grupos carboxílicos por cada molécula de ácido que se incorpora al sistema generando una mayor cantidad de sitios activos para la unión con las moléculas de agua.

En la figura 3 se observa la disminución en el grado de hinchamiento del HG de AAm-co-AI (90/10) después de estar en contacto con la solución de $FeSO_4$, evidenciando que ocurrió la efectiva absorción de iones Fe^{2+} en su estructura. La disminución se acentúa a medida que se incrementa la concentración inicial de la solución de $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, esto se explica en base a la sustitución de las uniones entre los grupos funcionales del polímero y el agua por la formación de complejos entre los iones Fe^{2+} y dichos grupos funcionales. En la figura 4 se aprecia el aumento de la coloración rojiza en los HG, al aumentar la concentración inicial de la solución, la cual junto con la disminución en el hinchamiento son una clara evidencia de la formación de complejos entre el ion metálico y el hidrogel. Döker *et al*. estudiando la absorción selectiva de Au^{3+} [11], Pt^{2+} y Pd^{2+} [12] han

©2012 Universidad Simón Bolívar

reportado resultados similares: disminución en el grado de hinchamiento del hidrogel acompañado de un incremento en la cantidad del ion absorbido, producto de aumentar la concentración de la solución a ser tratada. En trabajos previos estudiando las interacciones de los iones Ca^{2+} y los grupos ionizables de este tipo de hidrogeles [13], se observó la disminución en el grado de hinchamiento al incrementar la fuerza iónica del medio, sin embargo los hidrogeles en ese caso no sufrieron cambios en su coloración durante el proceso, los resultados se explicaron principalmente en base a la posible formación de entrecruzamiento iónico. En el presente trabajo el incremento de la coloración hace más evidente la formación de diferentes tipos de interacciones entre los iones de Fe^{2+} y los grupos aniónicos en la red del copolímero.

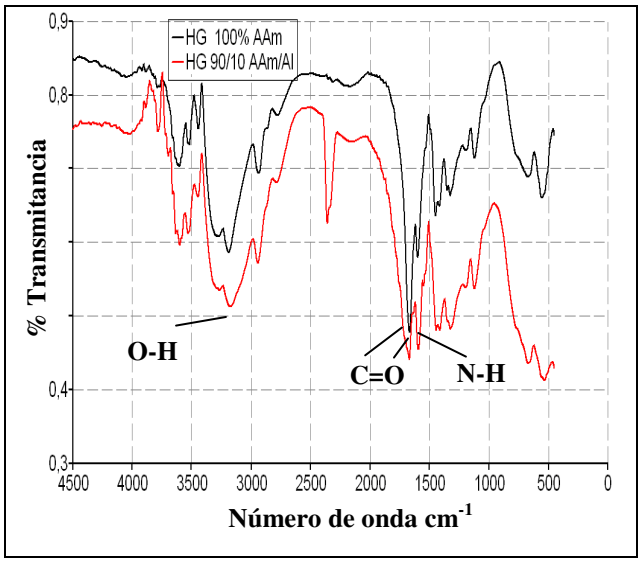


Figura 1. Espectro FTIR para los hidrogeles sintetizados.

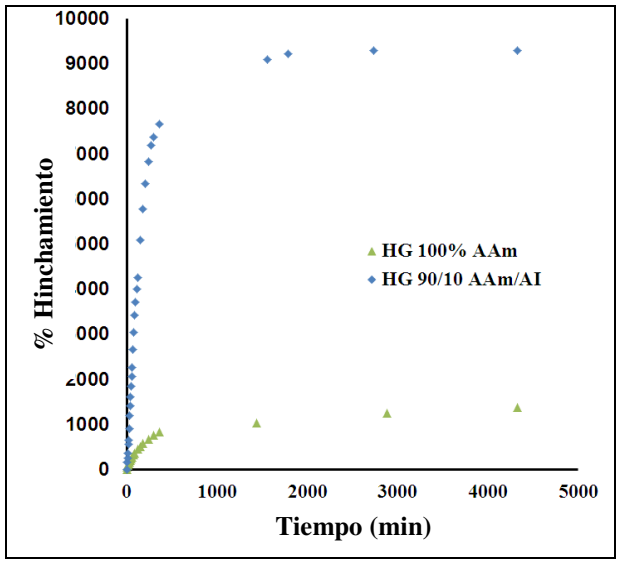


Figura 2. Isotermas de hinchamiento para los hidrogeles en agua desionizada.

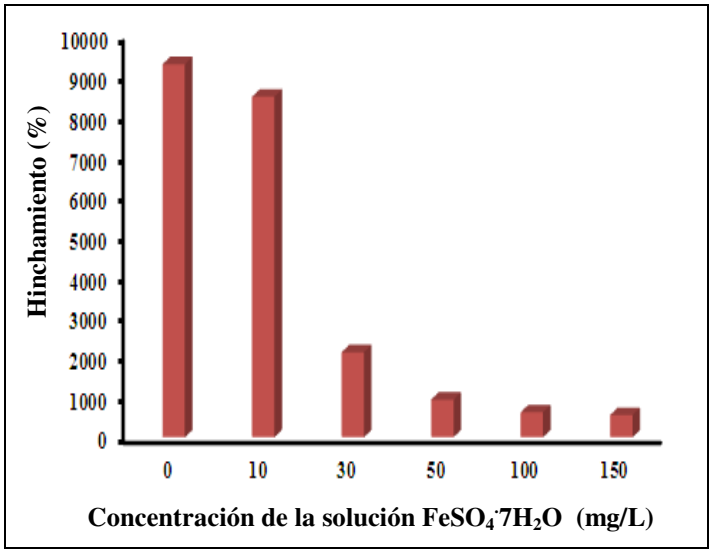


Figura 3. Grado de hinchamiento en el equilibrio medido en agua y en las soluciones de Fe^{2+} para los hidrogeles de AAm/AI (90/10)

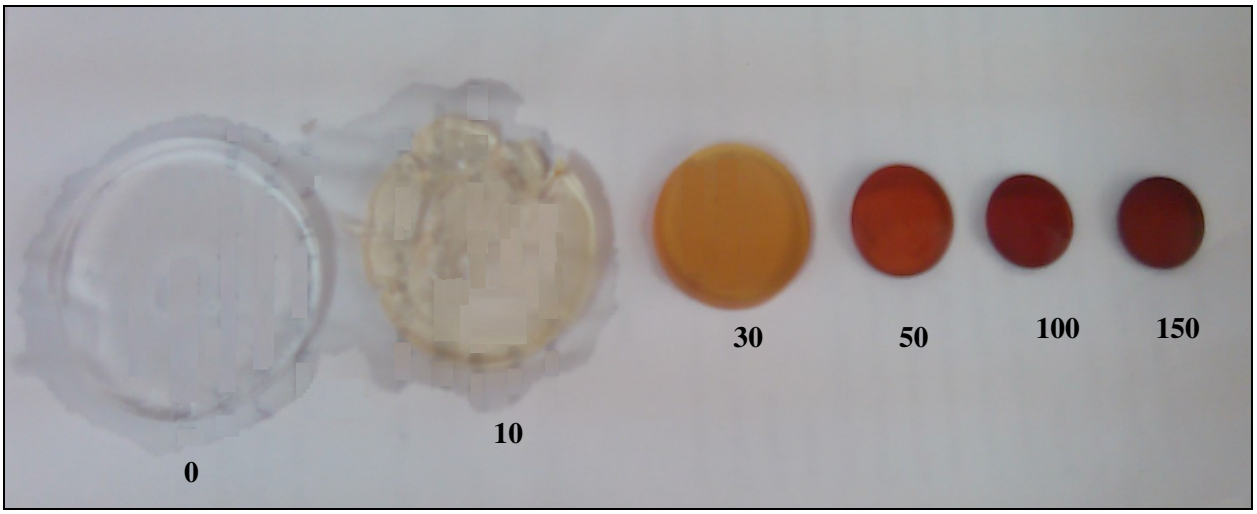


Figura 4. Absorción de iones Fe^{2+} para los hidrogeles de AAm/AI (90/10): fotografía tomada después de estar en contacto por 1 semana con soluciones de $FeSO_4{\cdot}7H_2O$ de diferentes concentraciones.

El mecanismo mediante el cual se propone que ocurre dicho proceso, ha sido descrito por nuestro grupo en trabajos anteriores con hidrogeles de características similares, que absorben Mg^{2+} [5] y Cu^{2+}[6]. Basado en los resultados obtenidos se deduce que la absorción de iones Fe^{2+} en los hidrogeles de Aam-co-AI es directamente proporcional a la concentración inicial de la solución. En consecuencia, este tipo de hidrogeles pueden utilizarse para reducir la concentración de iones Fe^{2+} en aguas destinadas al consumo humano.

4. REFERENCIAS

[1]. Mohammadi Z, Xie S, Peltier E, Veisi M, Berkland C. Eur. Polym. J. 2011; 47 (7): 1485-1488.

[2]. Mohammadi Z, Xie S, Golub A, Gehrke S, Berkland C. J. Appl. Polym. Sci. 2011; 121 (3): 1384-1392.

[3]. Mackenzie LD. Water and Wastewater Engineering Design: Principles and Practice, Professional Ed. eBook: McGraw-Hill Inc., 2010, Cap 14.

[4]. Brezonik PL, Arnold WA. Water Chemistry: An introduction to the Chemistry of Natural and Engineered Aquatic System, 1era Ed. Oxford (Inglaterra): Oxford University Press Inc., 2011, Cap 15.

[5]. Rojas de Gáscue B, Ramírez M, Prin JL, Torres C, Bejarano L, Villarroel H, Rojas L, Murillo M, Katime I. Rev. LatinAm. Metal. Mat. 2010, 30(1): 28-39.

[6]. Rojas de Gáscue B, Ramírez M, Aguilera R, García A, Prin JL, Lias J, Torres C, Katime I. Rev. Tec. Ing. Univ. Zulia. 2007. 30(1): 74-84.

[7]. Rojas de Gáscue B, Rodríguez R, Prin JL, Ramírez A, Astudillo H, Contreras D, Rojas L, Figueroa Y, Ramírez M, Katime I. Rev. Iberoam. Polim. 2011. 12 (6):342-351.

[8]. El-Hag Ali A, Shawky H, Abd El Rehim H, Hegazy E. Eur. Polym. J. 2003; 39(12): 2337-2344.

[9]. Bekiari V, Sotiropoulou M, Bokias G, Lianos P. Colloids Surf., A. 2008; 312(2-3): 214-218.

[10]. Pekel N, Gűven O. Polym. Bull. 2004; 51(4): 307-314.

[11]. Döker S, Çelikbiçak Ö, Dogan M, Salih B. Microchem. J. 2006; 84(1-2):80-87.

[12]. Döker S, Malci S, Dogan M, Salih B. Anal. Chim. Acta. 2005; 553(1-2):73-82.

[13]. Ramírez A, Benítez J, Contreras D, Guzmán P, Rojas de Gáscue B. Rev. Iberoam. Polim. 2011. 12 (6):308-316.

©2012 Universidad Simón Bolívar