

XII Coloquio Venezolano de Polímeros, Universidad de Oriente, Cumaná 2007

SÍNTESIS Y ESTUDIO DE HIDROGELES OBTENIDOS A PARTIR DE ACRILAMIDA, POLI(ÁCIDO ACRÍLICO) Y ÁCIDO MALEICO COMO POTENCIALES REMEDIADORES DE CONTAMINANTES METÁLICOS EN AGUAS RESIDUALES

Luís Bejarano¹, Blanca Rojas de Gáscue^{1*}, José Luis Prin¹, Mohammad Mohsin², Alexander García¹, Maj Britt Mostue², Luisa Rojas², Marvelis Ramírez³ e Issa Katime⁴

1) Universidad de Oriente, Instituto de Investigaciones en Biomedicina y Ciencias Aplicadas, IIBCA-UDO, Cerro del Medio, Núcleo de Sucre, Cumaná, Estado Sucre. Venezuela. Correo electrónico: blanca_gascue@yahoo.com

2) Universidad de Oriente, Departamento de Química, Núcleo de Sucre, Cumaná, Venezuela

3) Universidad de Los Andes, Departamento de Química, Grupo de Polímeros, Mérida. Venezuela

4) Grupo de Nuevos Materiales y Espectroscopia Supramolecular, Universidad del País Vasco, Campus de Lejona, Vizcaya, España. Correo electrónico: issa.katime@ehu.es

1. INTRODUCCIÓN

Los hidrogeles (HG) se obtienen mediante polimerización y entrecruzamiento simultáneo de uno o varios monómeros polifuncionales. En la mayoría de los casos, un solo monómero no proporciona, al mismo tiempo, buenas propiedades mecánicas y gran retención de agua y, por ello, es necesario recurrir a la copolimerización [1-3], para poder obtener un mejor desempeño de estas propiedades.

Los hidrogeles son muy activos desde el punto de vista osmótico, por lo que se dice que, físicamente, son especies intermedias entre el estado sólido y el estado líquido. Los hidrogeles de redes interpenetradas (IPN), en la actualidad están siendo estudiados por su potencial aplicación como herramientas en la descontaminación de aguas residuales [4-7]. En este trabajo se estudió la capacidad de los polímeros hidrogeles IPN de acrilamida (AAm) y poli(ácido acrílico) (PAAc) para captar iones metálicos [8]. Con fines comparativos se analizaron también copolímeros convencionales de acrilamida.

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Síntesis de los hidrogeles. Se disolvieron en agua destilada, las cantidades necesarias de acrilamida (AAm) y poli(ácido acrílico) (PAAc), para formar hidrogeles IPN de AAm/PAAc, desde proporciones de 100/0 hasta 60/40.

Se prepararon hidrogeles al 1 y al 2% en agente entrecruzante (N,N'-metilen

XII Coloquio Venezolano de Polímeros, Universidad de Oriente, Cumaná 2007

bisacrilamida) manteniendo fija la concentración del iniciador. La mezcla se calentó por espacio de 6 horas en atmósfera inerte [8].

También se sintetizaron hidrogeles mediante copolimerización de AAm con AM, (AAm/AM: 90/10, 80/20, 70/30) en presencia de persulfato de amonio y agente entrecruzante a 60°C. Por último el producto se lavó, purificó y secó a temperatura ambiente.

2.2. Isotermas de absorción. El grado de hinchamiento o hidratación (H) de los hidrogeles se determinó gravimétricamente sumergiendo 0,1 g de xerogel en agua destilada y pesando la pastilla hinchada a intervalos regulares de tiempo, hasta que se alcanzó el equilibrio.

Luego, con estos datos se obtuvieron las isotermas de absorción y el grado máximo de hidratación o hinchamiento [1,2].

En una solución de sulfato de calcio preparada a 70 mg/L, se registraron también los cambios en masa durante el curso del hinchamiento a intervalos de tiempos fijos.

2.3. Absorción de iones metálicos. Se prepararon soluciones de sales metálicas (Cu y Mg), en las cuales fueron agregadas las pastillas de xerogel de 0,1 g, manteniendo agitación constante por espacio de 24 horas.

Finalizado el tiempo de la absorción, se recogieron las soluciones para ser analizadas en un Espectrómetro de Absorción Atómica, marca Perkin Elmer, modelo 3100.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Isotermas de absorción. Las isotermas de absorción evidenciaron que los hidrogeles sintetizados con una mayor cantidad de PAAc, absorbieron una cantidad superior de agua. Esto obedece a que el PAAc contiene un gran número de grupos carboxilos los cuales son capaces de establecer una mayor cantidad de interacciones de tipo puente de hidrógeno con el agua. En la Figura 1 se observa como afecta la proporción de PAAc alimentada al grado de hinchamiento del hidrogel.

Con relación al agente entrecruzante, se encontró que la absorción de agua disminuyó al aumentar su porcentaje de alimentación (ver Figura 2), lo cual se debe a que el espacio libre dentro del hidrogel se limita ya que el entrecruzante le proporciona mayor rigidez a la estructura tridimensional que genera.

En la Figura 2 se puede apreciar como varió la capacidad de hinchamiento del hidrogel AAm/PAAc, 80/20, al sintetizarlo a dos niveles de entrecruzamiento (1.000% menos

XII Coloquio Venezolano de Polímeros, Universidad de Oriente, Cumaná 2007

al incrementarse a 2% la concentración del entrecruzante).

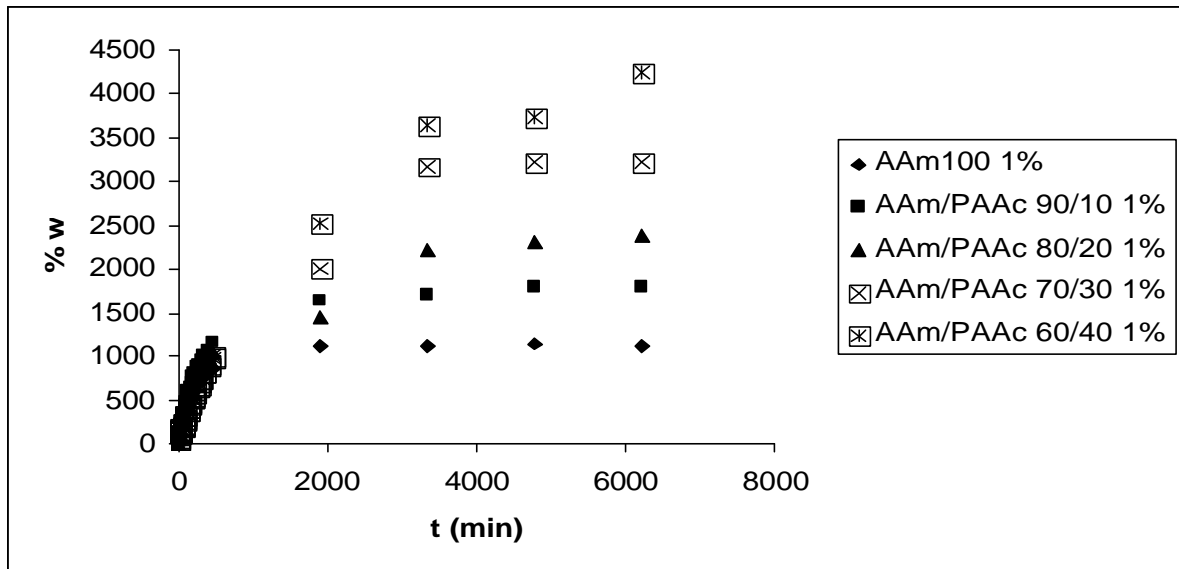


Figura 1. Isotermas de absorción en hidrogeles de AAm/PAAc sintetizados con 1% de entrecruzante a diferentes proporciones de PAAc.

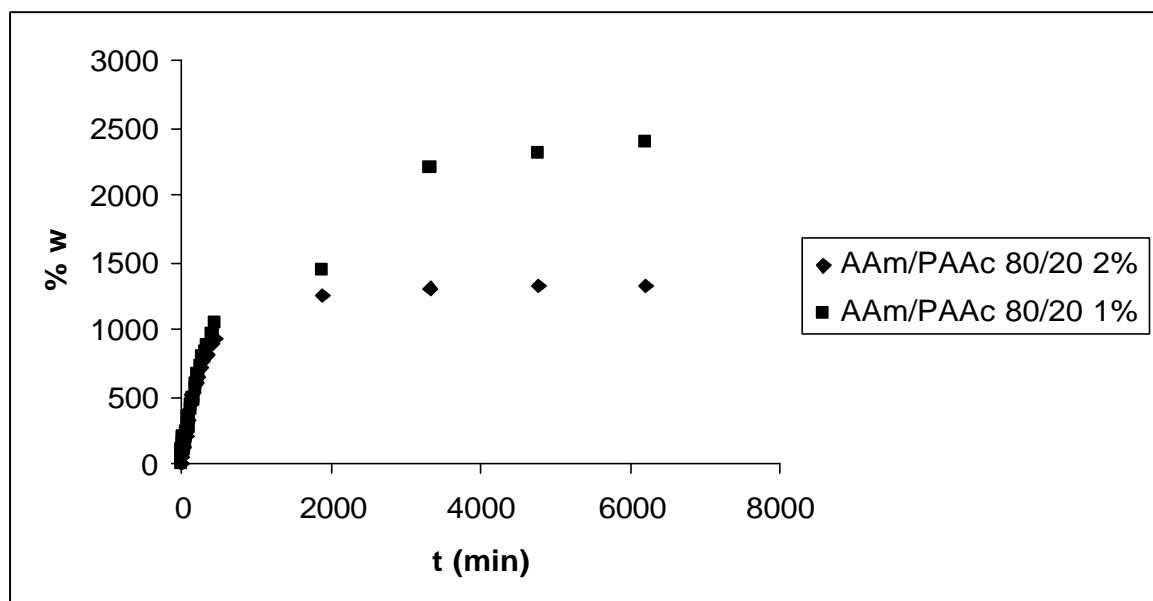


Figura 2. Isotermas de absorción de dos hidrogeles de AAm/PAAc 80/20 sintetizados con diferentes proporciones del agente entrecruzante.

Finalmente, al medir los niveles de hidratación de los hidrogeles en la solución de sulfato de calcio, los hidrogeles exhibieron una marcada reducción de su capacidad máxima de hidratación (desde un $H_{\max} = 8732\%$ en agua a un $H_{\max} = 1500\%$ en la solución de calcio,

XII Coloquio Venezolano de Polímeros, Universidad de Oriente, Cumaná 2007

para el copolímero de AAm/AM 90/10).

Esta notable reducción en la capacidad de hidratación en los hidrogeles en presencia de los iones metálicos indica que parte de los grupos hidrófilos, responsables del proceso de hinchamiento, cuando los hidrogeles interactúan con el agua mediante enlaces secundarios de tipo puente de hidrógeno, forman complejos con los iones calcio de la solución, tal como lo han propuesto algunos autores para otros polímeros [7].

Absorción de iones metálicos. En cuanto a la absorción de metales se observó que al incrementarse la proporción alimentada de PAAc hubo mayor absorción de iones metálicos de Cu^{2+} y Mg^{2+} (Tabla 1). Resultados análogos han sido reportados en copolímeros de acrilamida-co-ácido maléico [1], y se ha explicado esta tendencia por el mayor carácter ionizable de los grupos carbonilos del ácido.

Tabla. 1. Concentración de iones medidas en las soluciones antes (Blanco) y después de estar en contacto con los hidrogeles IPN.

Hidrogel	Cu^{2+} mg/L	Mg^{2+} mg/L
Blanco	60,9	102,5
AAm/PAAc 90/10 1%	60,3	65,0
AAm/PAAc 90/10 2%	58,1	45,0
AAm/PAAc 70/30 1%	54,1	40,1
AAm/PAAc 70/30 2%	49,3	57,3

No obstante, en los hidrogeles IPN de AAm/PAAc sintetizados con una mayor proporción de agente entrecruzante la cantidad de metal absorbido fue más alta (ver Figura 3), lo que parece indicar que el entrecruzante también funciona como agente químico con afinidad metálica.

Otro resultado importante que arrojaron las medidas de absorción atómica, tomadas de las soluciones de cobre y magnesio, donde estuvieron sumergidos los hidrogeles durante 24 horas, fue que en todos los casos la cantidad de magnesio residual en la solución era menor que la cantidad de cobre. Esta diferencia podría estar indicando que la interacción entre los grupos carboxílicos presentes y los iones metálicos es selectiva y que podría estar ocurriendo

XII Coloquio Venezolano de Polímeros, Universidad de Oriente, Cumaná 2007

en función del radio iónico del metal.

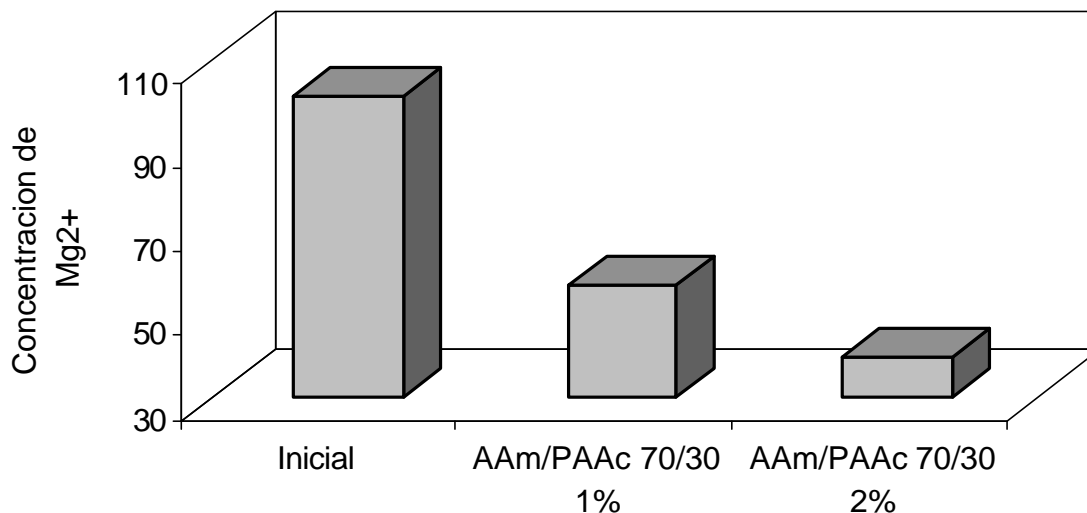


Figura 3. Concentraciones de iones magnesio (mg/L) medidas en las soluciones donde estuvieron sumergidos durante 24 horas los hidrogeles descritos (la Inicial se refiere a la concentración antes de que se introdujeran los hidrogeles).

4. CONCLUSIONES

La cantidad de PAAc alimentada en la síntesis de los hidrogeles es determinante en su grado de hinchamiento y en la capacidad de interacción con los iones metálicos.

A diferencia de los resultados obtenidos en otros sistemas, en los hidrogeles IPN Aam/PAAc un aumento en la cantidad del entrecruzante de tipo diamina incrementó la cantidad de metal absorbido por el hidrogel.

Agradecimientos. A los técnicos *Freddy Angulo* (UCV) y *Simón Sanoja* (Sucre-UDO), por su colaboración en las medidas de la absorción de las sales metálicas. Al Consejo de Investigación de la UDO por el financiamiento de este trabajo a través del proyecto CI-5-1902-0955/00 y a la Universidad de Oriente por el Proyecto POA-PN 15.8/2008.

BIBLIOGRAFÍA

1. Rojas de Gáscue B, Ramírez M, Aguilera R, García A, Prin JL, Lias J, Torres C, Katime I, *Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia*, **30**, 74 (2007)
2. Katime I, Katime O y Katime D “*Los materiales inteligentes de este milenio: Los hidrogeles macromoleculares. Síntesis, propiedades y aplicaciones*”. Servicio Editorial de la

XII Coloquio Venezolano de Polímeros, Universidad de Oriente, Cumaná 2007

Universidad del País Vasco, Bilbao, España (2004)

3. Katime I, *Revista Iberoamericana de Polímeros*, **5**, 10 (2001)

4. Karadag E, Üzüüm OB, Saraydin D, Güven O, *Materials and Design*, **27**, 576 (2006)

5. Escobar J, García D, Zaldivar D, Katime I, *Revista Iberoamericana de Polímeros*, **3(3)**, 1 (2002)

6. Katime I y Rodríguez E, *J. Macromol. Sci. Pure Appl. Chem.*, **A38(5)**, 543 (2001)

7. Osada Y, Ping Gong J, Tanaka Y, *J. Macromolecular Sci., Part C-Polymer Reviews*, **C44(1)**, 87 (2004)

8. Bejarano L “*Estudio y síntesis de hidrogeles de poli(acrilamida-co-ácido acrílico) como potenciales remediadores de contaminantes metálicos en aguas residuales*”. Tesis de Pregrado. Departamento de Química, Núcleo de Sucre, Universidad de Oriente (2007)