

# EFFECTO DEL TAMAÑO DE LAS NANOPARTÍCULAS EN LAS PROPIEDADES DE UN HIDROGEL MICROESTRUCTURADO DE POLIACRILAMIDA

J. González-López, J.C. Sánchez-Díaz, E. Mendizábal y J.E. Puig

Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Guadalajara

Blb. Marcelino García Barragán y Calzada Olímpica, S.R. Guadalajara, Jal. MÉXICO. Tel. 01(3)650-34-01, fax. 619-40-28, e-mail: [nvgsanc@hotmail.com](mailto:nvgsanc@hotmail.com)

## INTRODUCCIÓN

Un gel se define como una sustancia con estructura reticulada que puede retener en su interior una alta cantidad de disolvente; por lo tanto, un organogel es un gel que contiene un disolvente orgánico mientras que un hidrogel es un gel que contiene agua.

Los hidrogeles son geles poliméricos capaces de absorber cantidades considerables de agua, manteniendo su forma hasta alcanzar un equilibrio fisicoquímico. Además, los hidrogeles son hidrofílicos, insolubles en agua, blandos y elásticos. Al principio los hidrogeles se obtuvieron a partir de un monómero hidrofílico. Sin embargo, estudios posteriores demostraron que los hidrogeles formados por un monómero hidrofílico y otro hidrofóbico poseían propiedades mecánicas, ópticas y de hinchamiento superiores. Por lo general, a un monómero hidrofílico (que asegura un mayor hinchamiento) se le añade un monómero más hidrofóbico (que mejora sensiblemente las propiedades mecánicas del hidrogel resultante). Por otra parte, se pueden obtener diferentes niveles de absorción de agua y de propiedades mecánicas, variando además, la estructura y el grado de entrecruzamiento (Wood *et al.*, 1982; Akala *et al.*, 1987; Graham *et al.*, 1988; Inomata *et al.*, 1995).

La obtención de hidrogeles con ciertas propiedades es función elemental de las condiciones adecuadas de concentración y temperatura elegidas adecuadamente en la reacción de síntesis. Los métodos de síntesis de hidrogeles se pueden englobar en dos grupos, que son: a) polimerización en masa y b) polimerización en solución, aunque recientemente se ha empleado polimerización en emulsión y microemulsión (Puig, *et al.*, 2001).

Para muchas aplicaciones biomédicas se requieren buenas propiedades mecánicas con gran capacidad de hinchamiento (Bruck, 1973, Ratner and Hoffman, 1976). Esto puede resolverse, en parte, añadiendo un monómero más hidrofóbico que, si bien reduce el contenido total de agua en el hidrogel (lo que por lo general disminuye su biocompatibilidad), mejora la consistencia del material y sus propiedades mecánicas. Debido a esto surge la necesidad de sintetizar hidrogeles en los que no disminuya su biocompatibilidad, o inclusive que aumente por su mayor capacidad de hinchamiento, y en los que mejoren considerablemente sus propiedades mecánicas requeridas para múltiples e importantes aplicaciones (Sánchez-Díaz, 2003).

En busca de mejorar las propiedades mecánicas de un hidrogel se han realizado varios estudios en cuanto al uso de un monómero hidrofóbico en una copolimerización; por ejemplo, metil metacrilato con ácido acrílico (Katime *et al.*, 2000), ácido acrílico con ácido itacónico (Rodríguez *et al.*, 2001).

## METODOLOGÍA

La síntesis de los hidrogeles se lleva a cabo mediante un proceso en dos etapas: 1) polimerización de la AM en microemulsión inversa (Candau *et al.*, 1985) para obtener las nanopartículas; 2) las nanopartículas secas de poliacrilamida se re-dispersadas en una solución acuosa con acrilamida en diferentes proporciones. A continuación se agrega el entrecruzante y el iniciador y se polimeriza a 50°C. Los hidrogeles se colocan luego en recipientes durante una semana a temperatura ambiente para remover el agua y obtener el xerogel.

Una de las formas más utilizadas en el seguimiento de la cinética de hinchamiento es la gravimetría, ya que es una técnica muy simple, que permite determinar la cantidad total de agua en un hidrogel (Huglin *et al.*, 1991).

Las mediciones de esfuerzo-deformación en compresión uni-axial se realizaron en un analizador termo-mecánico TMA7 de Perkin Ellmer. Para obtener el módulo de Young de los hidrogeles, se realizaron mediciones de esfuerzo-deformación (en compresión) en la parte lineal inicial de la representación de tensión ( $\tau$ ) en función de  $-(\lambda-1)$ , de acuerdo a la ecuación (Huglin *et al.*, 1987).

## RESULTADOS

A continuación se reporta las cinéticas de hinchamiento de los diversos hidrogeles sintetizados y sus propiedades mecánicas en cuanto al módulo de Young. La cinética de absorción de agua y la resistencia a la compresión de estos hidrogeles microestructurados se investigaron en función del contenido y tamaño de nanopartículas cargadas al hidrogel. Los resultados obtenidos se compararon con pruebas similares realizadas con hidrogeles convencionales sintetizados mediante una polimerización en solución.

En la figura 1 y 2 se muestra la cinética de hinchamiento de varios hidrogeles con diferente cantidad y tamaño de nanopartículas y se observa que la capacidad de absorción de agua de los hidrogeles microestructurados es superior a los convencionales, y que su capacidad de absorción va aumentando si el tamaño de partícula decrece.

La figura 4 muestra la estructura tipo red a nivel submicroscópico que tienen los hidrogeles microestructurados evidenciada mediante microscopía electrónica de barrido (SEM).

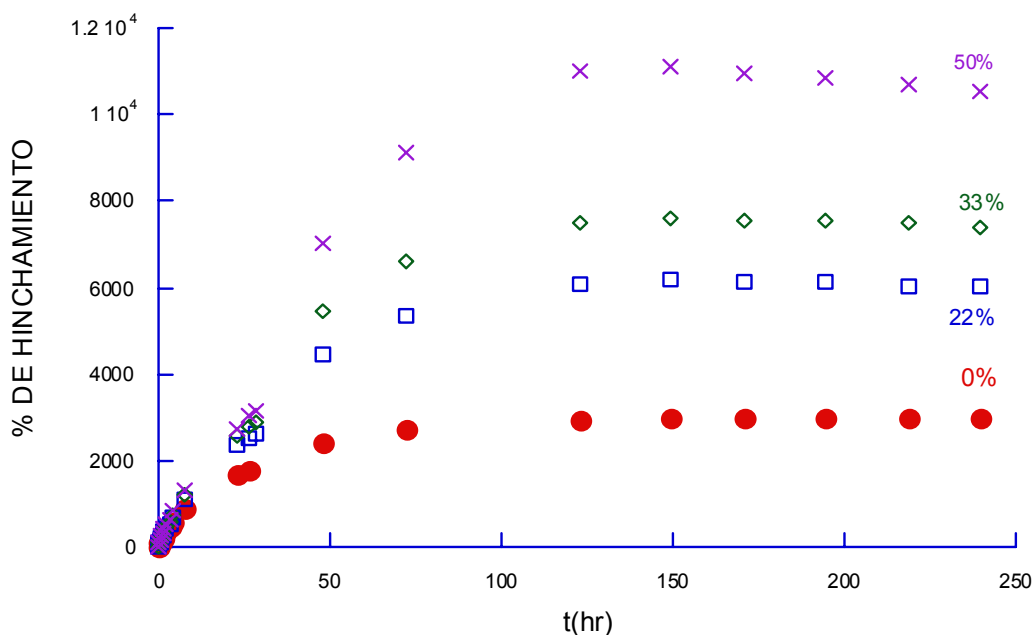


Figura 1 Cinética de hinchamiento para hidrogeles microestructurados cargados con diferentes cantidades de partículas de un tamaño de 53.03 nm

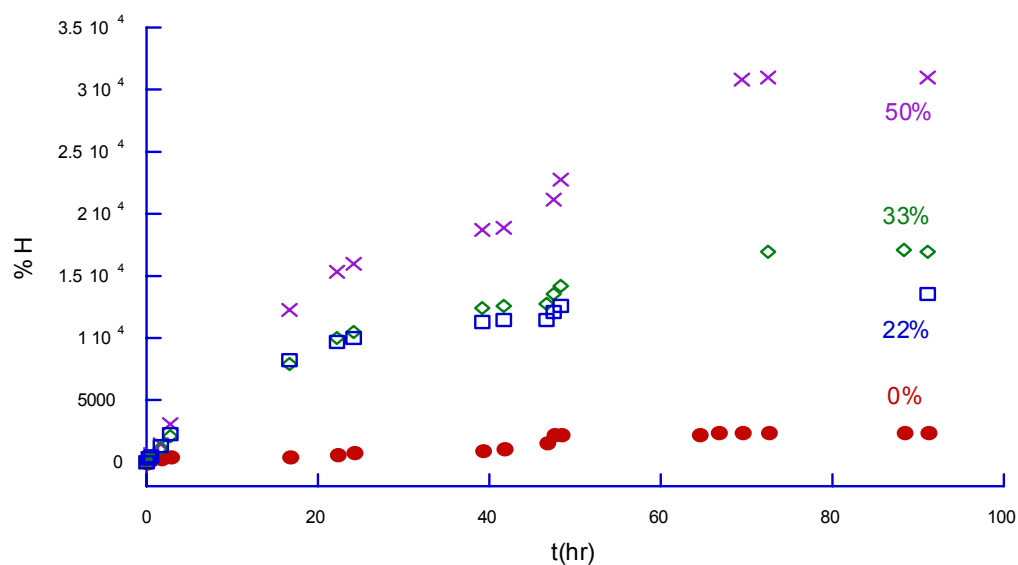


Figura 2 Cinética de hinchamiento para hidrogeles microestructurados cargados con diferentes cantidades de partículas de un tamaño de 34.23 nm

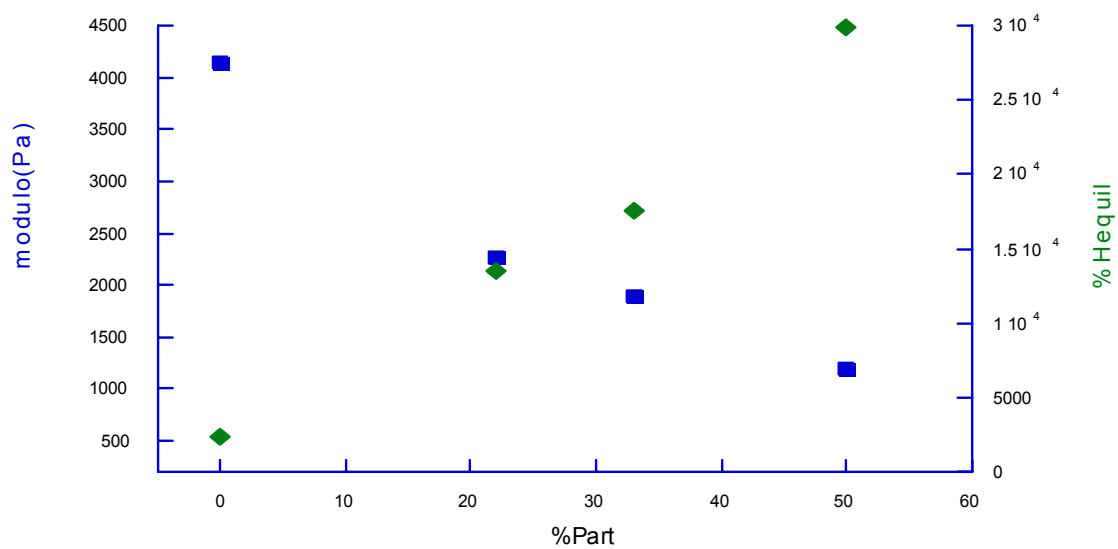


Figura 3 Representación gráfica del módulo de Youn (Pa), % de Hinchamiento en el equilibrio y la cantidad de nanopartículas etrecruzadas al 1% cargadas al hidrogel

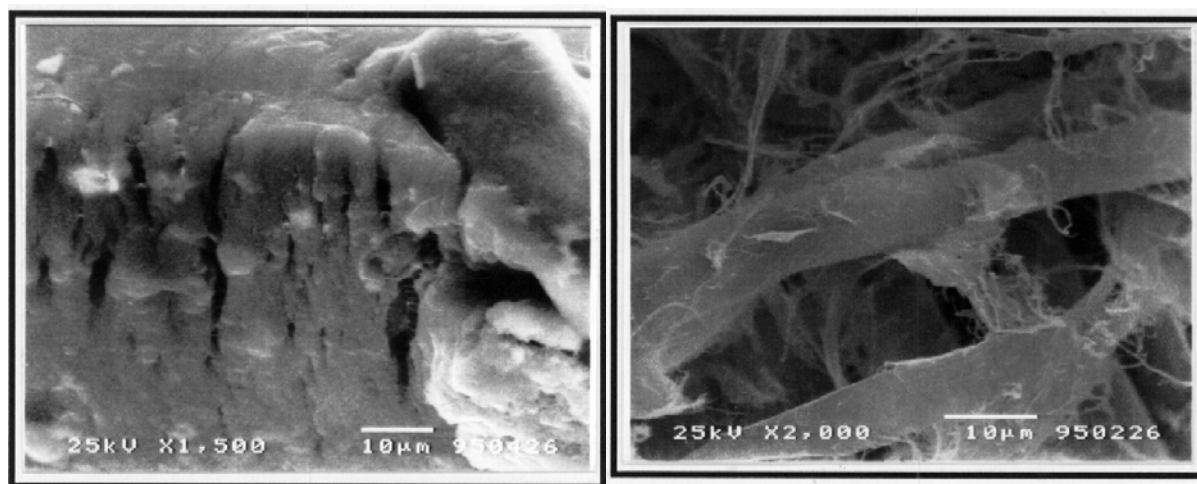


Figura 4 Micrografía de la estructura de un hidrogel convencional y microestructurado mediante SEM

### REFERENCIAS

- \*Akala, E.O. y Collet, J. H., "Drug delivery Ind. Pharm., 13, 1779 (1987)
- \*Bruck, S.D., *Biomater. Med. Devices, Artif. Org.*, 1: 79 (1973a)
- \*Candau, F., Y. S. Leong and R. M. Fitch, *J. Polym. Sci., Polym. Chem. Ed* 23, 193 (1985)
- \*Graham, N.B., y McNeill, M.E., *Makromol. Chem., (Macromol. Symp.)*, 19, 255 (1988)
- \*Huglin, M.B. and Rehab, M.M.A.-M., *Polymer*, 28, 2200 (1987)
- \*Huglin, M.B. y Rego, J.M., *Macromolecules*, 24: 2556 (1991)
- \*Inomata, H., Wada, N., Goto, S, and Saito, S., *Polymer Reports*, 36, 875 (1995)
- \*Ratner, B.D. y Hoffman, A.S., en *Hydrogels for Medical and Related Applications*, ed. J.D. Andrade, ACS Symposium Series 31, American Chemical Society, Washington, pp. 1 (1976)
- \*Rodríguez, E. y Katime, I., *J. Macromol. Sci.-Pure Appl. Chem.*, A38 (5&6), 543-558 (2001)
- \*Sánchez-Díaz, J.C. D.Sc. Tesis, Universidad de Guadalajara (2003)
- \*Wood, J.M., Attwood, D. y Collett, J.H., *J. Pharm. Pharmacol.*, 34: 1 (1982)