

EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE POLÍMEROS SUPERABSORBENTES DE REUSO COMO ACONDICIONADOR DE SUELOS¹

[EVALUATING THE APPLICATION OF REUSE SUPERABSORBENT POLYMERS AS SOIL CONDITIONER]

Lizbeth Guadalupe-Mejía Escobar, Raymundo Sánchez-Orozco[§], Elizabeth Martínez-Galeana

Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán (TESJo), División de Ingeniería Química. Carretera Toluca-Atlamulco Km 44.8, Ejido de San Juan y San Agustín, Jocotitlán, Estado de México 50700, México. [§]Autor para correspondencia: (r.sanchez@tesjo.edu.mx).

RESUMEN

En el presente trabajo se evalúa el uso de polímeros hidrófilos extraídos de pañales desechables con el objetivo de emplearlos en la retención de agua en el suelo. La capacidad de absorción del superabsorbente se midió utilizando agua destilada, NaCl y Ca (NO₃)₂ en solución acuosa. Se investigó la cinética de absorción con respecto a cambios de temperatura y pH. Adicionalmente, se realizó una serie de pruebas de germinación utilizando semillas de frijol, calabaza y cilantro. Los ensayos de absorción mostraron que los hidrogeles son capaces de lograr una absorción máxima (en el equilibrio) de 215 g g⁻¹ a 50 °C, mientras que a 25 °C el hinchamiento máximo logrado fue de 189 g g⁻¹. El nivel de absorción se vio afectado por el pH y por el aumento en la concentración NaCl y Ca (NO₃)₂, mostrando una disminución en la capacidad de hinchamiento. Las bandas observadas en la espectroscopía FTIR confirman la presencia de grupos funcionales del superabsorbente. Con base en los resultados, se deduce que es posible aprovechar el potencial superabsorbente de los pañales desechables para retener la humedad en el suelo y así mismo proponer un uso alternativo de este tipo de residuos.

Palabras clave: absorción, polímero superabsorbente, residuo sólido.

ABSTRACT

This paper evaluates the use of hydrophilic polymers extracted from disposable diapers in order to use them in water retention soil. The absorptive capacity of the superabsorbent was measured using distilled water, NaCl and Ca (NO₃)₂ in aqueous solution. Absorption kinetics was investigated with respect to changes in temperature and pH. Additionally, a series of tests seeds germination of beans, squash and coriander was performed. Absorption tests showed that the hydrogels are able to achieve maximum absorption (at equilibrium) of 215 g g⁻¹ at 50 °C, whereas at 25 °C the maximum swelling was found to be 189 g g⁻¹. The level of absorption was affected by the pH and the increase in NaCl and Ca (NO₃)₂ concentrations, showing a decrease in the swelling capacity. The bands observed in FTIR spectroscopy confirmed the presence of functional groups of the superabsorbent. Based on the results, it follows that it is possible to take advantage of the superabsorbent potential from disposable diapers to retain moisture in the soil and likewise propose an alternative use of this type of waste.

¹ Recibido: 4 de octubre de 2016.

Aceptado: 20 de junio de 2017.

Index words: absorption, superabsorbent polymer, solid waste.

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas ambientales más serios de la sociedad actual es, sin duda, el de los residuos sólidos. Los residuos sólidos corresponden al material de desecho resultante de todas las actividades humanas, por lo tanto son una realidad que no se puede evitar. El ritmo y nivel de vida que imprime la sociedad actual, principalmente en los núcleos urbanos, ha propiciado una demanda cada vez mayor de artículos que permiten satisfacer las necesidades de la sociedad. El uso de estos productos, entre ellos, los pañales desechables, ha agudizado el problema de generación, recolección, aprovechamiento y disposición final de los residuos sólidos municipales (Anne *et al.*, 2012).

Los pañales desechables son una fracción de los residuos municipales a la que se presta poca atención. La problemática de los pañales desechables radica en su composición. Aunque este tipo de artículos se comercializa en una infinidad de marcas, en general están fabricados con un mínimo de tres capas diferentes: la primera corresponde a polipropileno, que impide el retorno de la humedad, la segunda es de celulosa y la tercera es la capa exterior impermeable de polietileno.

Adicionalmente, la mayoría de los pañales incorpora polímeros superabsorbentes a base de poliacrilato de sodio. Sin embargo, los pañales no son necesariamente residuos no reutilizables ya que pueden ser empleados con éxito como acondicionadores de suelo (polímero superabsorbente y celulosa) para mejorar sus propiedades físicas y aumentar su capacidad de retención de agua o de nutrientes, especialmente en suelos arenosos o en zonas con escases de agua, favoreciendo por tanto el crecimiento de plantas (Amany *et al.*, 2012; Rosa y Casquilho, 2012; Marcos *et al.*, 2015).

Además, la utilización de polímeros superabsorbentes también produce una mejora en la estructura del suelo y la aireación del mismo (Ramesh *et al.*, 2015; Cannazza *et al.*, 2014). Las características más importantes de los hidrogeles refieren a su capacidad de absorción y retención de agua (Benítez *et al.*, 2011), que dependen de la naturaleza de los monómeros empleados en su síntesis y del grado de entrecruzamiento de la red macromolecular (Mas'ud *et al.*, 2013; Demitri *et al.*, 2013; Barihi *et al.*, 2013).

Debido a lo anterior, el presente trabajo propone evaluar el uso de polímeros hidrófilos extraídos de pañales desechables con el objetivo de emplearlos en la retención de agua en el suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recuperación y acondicionamiento del superabsorbente

Para el presente estudio se experimentó con pañales desechables usados que contenían únicamente orina. Los pañales fueron sometidos a esterilización en autoclave durante 15 minutos a 125 °C. Posteriormente se sometieron a secado durante 24 horas a 60 °C. Con el empleo de guantes, el pañal fue desmenuzado con el propósito de separar la capa de polietileno de las fibras de celulosa. Debido a que el polímero se encuentra entremezclado con la fibra de celulosa, fue

necesario sacudir dicha fibra en un recipiente de plástico para remover el superabsorbente. Enseguida, el hidrogel se hizo pasar a través de un tamiz de malla 80. Finalmente, el material se colocó en frascos de vidrio con tapa hasta su empleo en los procesos de absorción-desorción.

Estudios cinéticos de absorción

Para determinar la cinética de absorción, se emplearon soluciones acuosas de NaCl y fertilizante tipo comercial ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$). Las concentraciones que se prepararon para ambos casos fueron de 0.5%, 1%, 1.5%, 2% y 2.5% (p/v) a 25 °C. En los ensayos de desorción, las muestras de polímero seco fueron hidratadas hasta alcanzar el equilibrio. Posteriormente fueron sometidas a secado a temperatura constante de 60 °C y se midió la pérdida de peso a intervalos específicos de tiempo (10 min).

La cantidad de agua retenida para cada tiempo de deshidratación se calculó gravimétricamente. Los ensayos de absorción respecto a cambios de temperatura se realizaron, en agua destilada a temperaturas de 25, 35 y 50 °C respectivamente. La absorción respecto a cambios de pH (2, 4, 7, 10 y 12) a 25 °C se realizó ajustando las condiciones de acidez o alcalinidad con soluciones 0.1 M de NaOH y 0.1 M de HCl.

Caracterización del superabsorbente

El superabsorbente extraído de pañales desechables se analizó por espectroscopía infrarroja (FTIR) con el propósito de identificar los grupos funcionales asociados al polímero. El barrido espectral se realizó en modo ATR en el intervalo de 4000 a 500 cm^{-1}

Ensayos de germinación

El potencial del hidrogel en el crecimiento de vegetales se estudió a través de la germinación de semillas (frijol, calabaza y cilantro) en suelo tipo humus. Las muestras problema contenían 1% de hidrogel en suelo, mientras que la muestra testigo solo contenía suelo. En recipientes de poliestireno se colocó 50 g de la mezcla de suelo-superabsorbente y un par de semillas de cada vegetal. Adicionalmente, cada sistema fue irrigado con 20 mL de agua destilada. Posterior a la germinación, se realizó el monitoreo de las plantas a través de la medición de la altura, ancho de hojas y velocidad de crecimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante los ensayos de absorción en agua destilada, soluciones de NaCl y $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ se determinó la absorción en el equilibrio a cada una de las condiciones a las que fueron sometidas las muestras de hidrogel superabsorbente. La absorción máxima de agua destilada fue de 188.65 g por gramo de polímero seco, mientras que cuando se empleó la solución más baja de NaCl (0.5 %p/v) la absorción máxima alcanzada fue de 55.4 g de agua absorbida por gramos de polímero seco (Figura 1). Lo anterior evidenció que con el aumento en la concentración NaCl y $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, existe una tendencia clara a disminuir la capacidad de absorción del polímero. Esta disminución se debe a que la diferencia de presión osmótica entre el gel polimérico y la solución externa se ve reducida por la adición las especies iónicas (Cannazza *et al.*, 2014; Barihi *et al.*, 2013).

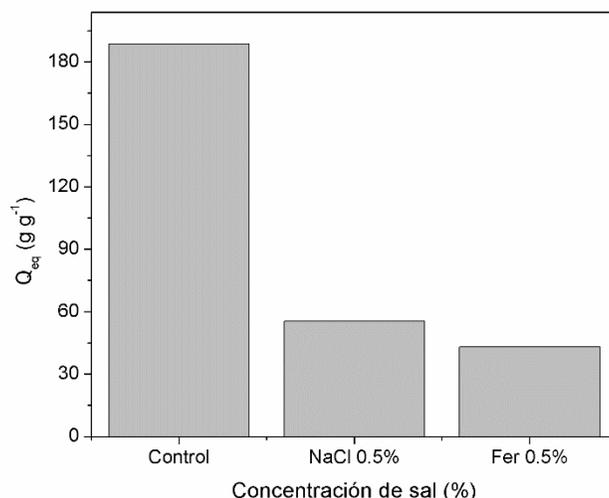


Figura 1. Absorción de agua (control), NaCl y $Ca(NO_3)_2$ (Fer) en el equilibrio.

El patrón de absorción con agua destilada es similar en los diferentes valores de temperatura estudiados, sin embargo el grado de hinchamiento decrece progresivamente cuando la temperatura incrementa de 35 a 50 °C. La absorción máxima alcanzada (en el equilibrio) fue de 215 $g\cdot g^{-1}$ a 50 °C, mientras que el hinchamiento mínimo en el equilibrio fue de 189 $g\ g^{-1}$ a 25°C. Con el aumento de la temperatura se rompen las fuerzas de entrecruzamiento débiles como los puentes de hidrógeno, aumentando el hinchamiento de la red polimérica (Ramesh *et al.*, 2015).

La sensibilidad del polímero superabsorbente respecto a cambios de pH se determinó con el propósito de verificar el comportamiento de absorción bajo condiciones de acidez o alcalinidad. Evaluando diferentes valores de pH (2, 4, 7, 10 y 12) se observó claramente la influencia del pH en la absorción del polímero. La capacidad de hidratación del polímero en medio ácido es muy bajo debido a que la presencia de iones H^+ influye significativamente sobre la capacidad de absorción generando un colapso del material reticulado (Marcos *et al.*, 2015). El pH óptimo para la absorción se ubicó entre 7 y 10. A valores de pH >10, la capacidad de absorción disminuyó.

La cinética de desorción mostró la pérdida de peso del hidrogel con respecto al tiempo a temperatura constante de 60 °C. Cuando la cantidad de humedad en el polímero fue baja, la pérdida de humedad fue mucho más lenta, por lo que la temperatura empleada fue insuficiente para continuar la liberación de humedad. El hecho de que la velocidad de liberación de humedad fuese lenta supone viable el uso potencial de este tipo de polímeros en la agricultura (Demitri *et al.*, 2013).

La presencia de grupos funcionales asociados al polímero superabsorbente se comprobó por espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR). El espectro evidenció una banda a 3501 cm^{-1} correspondiente al grupo hidroxilo (-OH), mientras que a 2942 cm^{-1} se presentó un estiramiento asimétrico característico del enlace C-H. El pico que apareció en la región de 1545 cm^{-1} se pudo atribuir a vibraciones de estiramiento de grupo carbonilo (C=O). Adicionalmente, los estiramientos de flexión del grupo C-H aparecieron en la región de 1451 cm^{-1} . La vibración en plano a 1403 cm^{-1} correspondió al grupo OH. Las vibraciones de tensión en 1023 cm^{-1} se atribuyeron al enlace C-O.

Cuando se evaluó el comportamiento de las plantas en función de su altura y el medio de crecimiento (polímero-suelo y muestra control) pudo evidenciarse que en todas las condiciones hubo germinación, sin embargo, la altura de las plantas fue mayor en los sistemas con presencia de hidrogel, adicionalmente el ancho y color de las hojas (verde intenso) mostró diferencias significativas en comparación a la muestra control.

CONCLUSIONES

Los resultados demuestran que el polímero superabsorbente recuperado de pañales desechables posee una alta capacidad de absorción, que por sus características y propiedades hace factible su potencial uso en la agricultura como retenedores de humedad en el suelo. Además, el uso de este polímero es capaz de proveer agua en cantidades adecuadas a los sistemas productivos. Los ensayos de absorción en solución acuosa de NaCl y fertilizante, mostraron que el incremento en la concentración de sales en el agua disminuyó la capacidad de absorción del polímero, en comparación con la absorción en agua destilada. La recuperación y uso de polímero superabsorbente recuperado de pañales desechables favorece el suministro de agua a los cultivos y genera las condiciones para la disminución de la contaminación por la inadecuada disposición de residuos sólidos como los pañales desechables.

LITERATURA CITADA

- Amany, I.R., E. Mona and M.B. El-Arnaouty. 2012. Radiation synthesis of superabsorbent CMC based hydrogels for agriculture applications. *Nucl. Instrum. Methods. Phys. Res. B.* 283: 71-76.
- Anne, V.W. and V. H. Gert. 2012. LCA-measured environmental improvements in Pampers® diapers. *Int J Life Cycle Assess.* 17: 145-153.
- Barihi, R., E. Panahpour and B. Masoud. 2013. Super absorbent polymer (hydrogel) and its application in agriculture. *World of Sciences Journal* 1: 223-228.
- Benítez, J., D. Contreras, P. Guzmán, A. Ramírez, J. Prin and B. Rojas. 2011. Estudio de la Difusión y Cinética de Hinchamiento en Hidrogeles de Poliacrilamida. *Rev. Iberoam. Polim.* 12: 292-299.
- Cannazza, G., A. Cataldo, E. De Benedetto, C. Demitri, M. Madaghiele and A. Sannino. 2014. Experimental assessment of the use of a novel superabsorbent polymer (SAP) for the optimization of water consumption in agricultural irrigation process. *Water* 6: 2056-2069.
- Demitri, C., F. Scalera, M. Madaghiele, A. Sannino and A. Maffezzoli. 2013. Potential of cellulose-based superabsorbent hydrogels as water reservoir in agriculture, *Int. J. Polym Sci.* 1: 1-6.
- Marcos, R.G., A. Fauze, A. R. Aouada, A. F. Fajardo, A.T. Martins, F. T. Magaliand and C.M. Edvani. 2015. Superabsorbent hydrogels based on polysaccharides for application in agriculture as soil conditioner and nutrient carrier: A review. *Eur. Polym. J.* 72: 365-385.
- Mas'ud, Z.A., M. Khotib, M. Farid, A. Nur and M. Amron. 2013. Superabsorbent derived from cassava waste pulp. *Int. J. Recyc. Org. W. Agric.* 2: 1-8.
- Ramesh, V., V. Suresh, N. Mamatha and D. Srinivasa. 2015. Biodegradable nano-hydrogels in agricultural farming - alternative source for water resources. *Procedia Materials Science* 10: 548-554.
- Rosa, F. and M. Casquilho. 2012. Effect of synthesis parameters and of temperature of swelling on water absorption by a superabsorbent polymer. *Fuel Process. Technol.* 103: 174-177.