

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**



XVIII CONGRESO INTERNACIONAL EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

MEMORIAS

MEXICALI BAJA CALIFORNIA MÉXICO

29 Y 30 DE OCTUBRE DE 2015



CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN MANGO (<i>Mangifera indica</i> L.) VAR. HADEN BAJO MANEJO ORGANICO Y MANEJO CONVENCIONAL EN LA ZONA SUR DEL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA SUR.....	319
UTILIZACION DE DESECHOS DE LA INDUSTRIA PESQUERA EN LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA EN BAJA CALIFORNIA SUR.....	326
EVALUACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS LÍQUIDOS EN EL CONTENIDO DE NUTRIENTES DEL SUELO.....	331
DESCRIPCIÓN MOLECULAR Y LONGEVIDAD DE SEMILLA DE MAÍCES CRIOLLOS AZULES	338
CONSERVACIÓN DE RECURSOS FITOGENÉTICOS DE ALGODÓN. UNA ALTERNATIVA EN LA AGRICULTURA ORGÁNICA.....	342
LA CAPACITACIÓN; UNA ACTIVIDAD PERMANENTE PARA LA RECONVERSIÓN AGROECOLÓGICA DE SISTEMAS PRODUCTIVOS.....	348
EVALUACIÓN AGROECOLÓGICA RÁPIDA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.....	353
COMPARACIÓN NUTRIMENTAL DE CUATRO COMPOSTAS TIPO BOCASHI ELABORADAS CON ESTIÉRCOL DE BOVINO, EQUINO, OVINO Y GALLINA.	359
PARÁMETROS MORFOLÓGICOS DEL CHILE (<i>CAPSICUM ANNUM</i> L.) A DIFERENTES LÁMINAS DE RIEGO.	364
PRESENTACIONES EN CARTEL AGUA Y SUELO	369
INFLUENCIA EN LA APLICACIÓN DE FOSFORO EN EL INCREMENTO DEL RENDIMIENTO DE GRANO DE MAÍZ PARA LA ZONA CENTRO DE SINALOA.	369
APLICACIÓN DE FERTILIZANTES FOLIARES PARA EL INCREMENTO DE RENDIMIENTO DE GRANO DE MAÍZ EN EL VALLE DE CULIACÁN.....	375
PRODUCTIVIDAD DE CUATRO VARIETADES DE GARBANZO EN TRES LÁMINAS DE RIEGO EN GOTEO	380
VALIDACIÓN DE LÍNEAS PROMISORIAS DE GARBANZO BLANCO EN FECHA DE SIEMBRA TEMPRANA BAJO CONDICIONES DE RIEGO	394
EFFECTO DE LA LOCALIDAD DE SIEMBRA SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, FÍSICOQUÍMICAS Y NUTRICIONALES DE GARBANZO TIPO KABULI EN EL NOROESTE DE MÉXICO.....	400
AGUA Y SUELO: FACTORES DE SUSTENTABILIDAD DEL CULTIVO DE ALGODÓN DEL VALLE DE MEXICALI.....	406
ESTUDIO PREELIMINAR PARA ESTIMAR EL CONSUMO DE AGUA EN EL CULTIVO DE ALBAHACA (<i>Ocimum basilicum</i>)	413
CALIDAD DEL AGUA EN LA CAPACIDAD DE HIDRATACIÓN DE UN POLÍMERO HIDRÓFILO A BASE DE POLIACRILAMIDA.....	421
ECO-HIDROLOGÍA Y APROVECHAMIENTO ECOSISTÉMICO DE UN HUMEDAL ANTROPOGÉNICO BINACIONAL: CASO CIÉNEGA DE SANTA CLARA	430
ESTIMACIÓN DE INFILTRACIÓN EN CANALES PARCELARIOS DEL DISTRITO DE RIEGO DEL VALLE DE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA	436
ANÁLISIS HIDRODINÁMICO EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO CHUVISCAR-CHIHUAHUA CON EL MÉTODO DE SIMULACIÓN DE LLUVIA	441
NIVEL DE HUMEDAD DEL SUELO EN EL ÚLTIMO RIEGO Y SU EFECTO PRODUCCIÓN EN EL CULTIVO DE TRIGO, VALLE DE MEXICALI.	450
AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN FASE IV EN VALLE DE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO. EVALUACIÓN DE TRES NIVELES DE HUMEDAD EN CULTIVO DE TRIGO.....	458
EVAPOTRANSPIRACIÓN ESTIMADA CON EL MÉTODO DEL TRIÁNGULO (T_s-F_r) Y SCINTILÓMETRO SOBRE UNA SUPERFICIE DE CULTIVO HOMOGÉNEO EN EL VALLE DE CULIACÁN, MÉXICO.	469
PRESENTACIONES EN CARTEL BIOTECNOLOGÍA.....	474
EL FACTOR SIGMA S (<i>E. coli</i>) COMO INDICADOR DE CRECIMIENTO DE <i>E. coli</i> BAJO CONDICIONES LIMITADAS DE CARBONO Y NITRÓGENO.....	474
CONSTRUCCIÓN DE UN VECTOR DE EXPRESIÓN EN PLANTAS CON EL GEN TIPO GERMINA <i>CanGLP</i> AISLADO DE <i>Capsicum annuum</i> var. <i>Glabriusculum</i>	479
ACTIVIDAD ENZIMÁTICA EN FRUTOS DE TOMATE EN RESPUESTA A LA INFECCIÓN CON DISTINTOS HONGOS FITOPATÓGENOS	488
SELECCIÓN DE CEPAS DE <i>Trichoderma</i> spp. y <i>Bacillus</i> spp. PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL	493
IDENTIFICACIÓN DE HONGOS FITOPATÓGENOS DE IMPORTANCIA ECONÓMICA EN TOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i>) MEDIANTE LA TÉCNICA INMUNOLÓGICA DE REACCIÓN ANTÍGENO ANTICUERPO.....	499
AISLAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS DEL SUELO ASOCIADOS AL CULTIVO DE MAÍZ EN EL VALLE DEL FUERTE Y VALLE DEL YAQUI	504
APTITUP COMBINATORIA Y HETEROSIS DE LINEAS DOBLE HAPLOIDE EN EL NORTE DE SINALOA	511

CALIDAD DEL AGUA EN LA CAPACIDAD DE HIDRATACIÓN DE UN POLÍMERO HIDRÓFILO A BASE DE POLIACRILAMIDA

WATER QUALITY ON HYDRATION CAPACITY OF A HYDROPHILIC POLYMER POLYACRYLAMIDE-BASED

López-Elías Jesús, Huez L. Marco Antonio, Jiménez L. José, Rueda P. Edgar Omar, Garza O. Sergio y Garrido L. Oscar Damián

Departamento de Agricultura y Ganadería, Universidad de Sonora. Carretera Hermosillo a Bahía de Kino, Km. 21. Hermosillo, Sonora. México. E-mail: lopez_eliasj@guayacan.uson.mx

RESUMEN

Como alternativa en la búsqueda de opciones para reducir la sobreexplotación de los mantos freáticos y que permita incrementar la rentabilidad en la agricultura en áreas con escasez de agua, se analizó el comportamiento de un polímero hidrófilo comercial a base de poliacrilamida (PAM), Lluvia sólida[®], evaluándose la capacidad de hidratación del polímero para su aplicación en la agricultura. En un primer experimento se usó agua destilada, agua de lluvia y agua proveniente de cuatro pozos agrícolas, mientras que en un segundo experimento se usó agua proveniente de cuatro pozos agrícolas con una solución nutritiva completa a base de nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), nitrato de potasio (KNO_3), fosfato monopotásico (KH_2PO_4) y sulfato de magnesio (MgSO_4). Los resultados demostraron que el polímero es capaz de absorber el equivalente a 268 veces su peso usando agua destilada. Cuando el agua cuenta con presencia de sales, el polímero reduce la capacidad de absorción de agua, con una disminución en la absorción de agua en hasta 116 veces su peso, de acuerdo a una función exponencial. La hidratación del polímero en presencia de fertilizantes se ve afectada significativamente, con una disminución en la absorción de agua en hasta 55 veces su peso. El uso del polímero hidrófilo resultó una herramienta que mejorará la eficiencia en el uso del agua dada la capacidad de absorción de agua, cuyo efecto depende de la calidad de la misma, viéndose afectada por el contenido de sales.

Palabras clave: agua disponible, PAM, salinidad.

ABSTRACT

As an alternative in search options to reduce overexploitation of groundwater and can afford to increase the profitability of agriculture in water scarce areas, the behavior of a commercial hydrophilic polymer based on polyacrylamide (PAM), Lluvia sólida[®], was analyzed, evaluating the polymer hydration capacity for its application in agriculture. In a first experiment distilled water, rain water and water from four agricultural wells

was used, while in a second experiment water from four agricultural wells with a complete nutrient solution based on calcium nitrate ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), potassium nitrate (KNO_3), monopotassium phosphate (KH_2PO_4) and magnesium sulfate (MgSO_4) was used. Results showed that the polymer can absorb 268 times its weight with distilled water. When salts are present in water, the polymer reduces its water absorption capacity, with a reduction in water absorption up to 116 times its weight, according to an exponential function. Hydration of the polymer in the presence of fertilizers was significantly affected, with a reduction in water absorption up to 55 times its weight. The use of the hydrophilic polymer become a tool that improve the water use efficiency due to its water absorption capacity, but this effect depends on the water quality, mainly affected by salt content.

Key words: available water, PAM, salinity.

Introducción

El estado de Sonora es una de las principales zonas productoras de frutas y hortalizas de México. Cuenta con una superficie de riego tecnificada de las más importantes en el país; sin embargo, presenta una limitada dotación de volumen de agua que se ha visto reducida con el paso de los años debido a la escasez de dicho recurso. Diferentes agrupaciones y dependencias de gobierno coinciden que la reconversión de cultivos y la tecnificación del riego son dos aspectos claves para hacer un uso eficiente del agua. Otra forma de lograr un manejo más eficiente del agua es con el uso de hidrogeles, polímeros a base de acrilamida, altamente absorbentes, que constituyen una alternativa limpia y eficiente para reducir las pérdidas de agua en la agricultura propiciadas por la evaporación y percolación, reduciendo los costos tanto en insumos (fertilizantes) al disminuir las pérdidas por infiltración, como en energía eléctrica al aumentar la capacidad de retención de agua en el suelo y permitir reducir la frecuencia de los riegos.

Se han realizado estudios que muestran la viabilidad del uso de polímeros hidrófilos para mejorar la capacidad de retención de agua en el suelo, aprovechar el agua de lluvia o riego al perderse menor cantidad de agua por percolación, disminuir la evaporación de la misma, reducir de la lixiviación de nutrientes y mejorar la aireación y drenaje del suelo; factores que permiten espaciar la frecuencia de los riegos, favorecen el desarrollo del sistema radicular, el crecimiento de la planta, mejorar la actividad biológica e incrementar la producción (Orzolek, 1993; Rojas y col., 2004; Barón y col., 2007; Rivera y col., 2007; Sojka y col., 2007).

El efecto de los polímeros hidrófilos es más evidente en suelos con drenaje alto (Barón y col., 2007; Idrobo y col., 2010), de textura arenosa (Orzolek, 1993), al igual que en climas áridos (Katime, 2003; Rojas y col., 2004; Barón y col., 2007; Alburquerque y col., 2009).

La respuesta del polímero depende del tipo de polimerización, su composición y el tipo de entrecruzamiento (Orzolek, 1993; Omidian y col., 1998). Las poliamidas pueden ser degradadas biológicamente, por lo que una vez aplicadas en el suelo sufren una paulatina degradación o disociación, influyendo los rayos ultravioletas provenientes del sol en su degradación y el uso de implementos agrícolas en su fraccionamiento (Sojka y col., 2006). Una vez incorporado al suelo, el proceso continuo de

humedecimiento y secado por el que atraviesa el polímero trae consigo cambios significativos en la capacidad de absorción y retención de agua, reduciendo su efectividad (Choudhary y col., 1998). La estabilidad del polímero también se ve afectada por la temperatura, de forma que un incremento en la temperatura reduce la capacidad de retención de agua por el polímero, siendo mayor el efecto a temperaturas superiores a los 60° C (Katime, 2003); situación la cual también se presenta bajo condiciones de temperatura baja, siendo más notorio alrededor de los 15° C (Sojka y col., 2007). El pH también influye en la respuesta del polímero, observándose con poliacrilamida un incremento en la capacidad de hidratación a medida que el pH aumenta (Katime, 2003). La presencia de sales en la solución favorece el deterioro del polímero (Bowman y col., 1990; Orzolek, 1993; Katime, 2003; Sojka y col., 2007), siendo en particular los cationes bivalentes los que reducen la capacidad de hidratación de la acrilamida (Barón y col., 2007). Su efecto en riego presurizado no es tan marcado como en riego por gravedad (Sojka y col., 2007).

El objetivo del presente estudio consistió en evaluar el efecto de la calidad del agua en la capacidad de hidratación de un polímero hidrófilo a base de poliacrilamida (PAM).

Materiales y Métodos

Se utilizó el polímero hidrófilo comercial Lluvia Sólida[®], que es un poliacrilato de potasio a base de 94.13% de poliacrilamida (PAM) y 5.87% de humedad, con presentación en forma de granulado sólido.

Se realizaron dos experimentos, mismos que se detallan a continuación.

Experimento 1. Prueba de laboratorio usando agua destilada, agua de lluvia, así como agua proveniente de cuatro pozos agrícolas de la Costa de Hermosillo, en Sonora, México y cuyo análisis se presenta en el Cuadro 1.

La capacidad de hidratación del polímero hidrófilo se determinó añadiendo 2.5 g del polímero en 500-800 mL de agua, usando el mayor volumen para el agua destilada y el agua de lluvia, dejando reposar seis horas y a continuación drenar usando una malla de 1 mm y cuantificar el volumen drenado. Por diferencia entre el volumen añadido y el volumen drenado se obtuvo el volumen de agua absorbido, el cual dividido entre la cantidad de polímero usado dio como resultado la capacidad de hidratación del polímero expresado en mL g⁻¹ de polímero.

Experimento 2. Para esta prueba se usó agua proveniente de cuatro pozos agrícolas de la Costa de Hermosillo, en Sonora, México, cuyo análisis se presenta en el Cuadro 1, adicionando una solución nutritiva completa consistente en 12.25 meq L⁻¹ de NO₃⁻, 1.25 meq L⁻¹ de H₂PO₄⁻, 5.00 meq L⁻¹ de K⁺, 8.50 meq L⁻¹ de Ca²⁺ y 3.50 meq L⁻¹ de Mg²⁺, para lo cual se usó nitrato de calcio (Ca(NO₃)₂), nitrato de potasio (KNO₃), fosfato monopotásico (KH₂PO₄) y sulfato de magnesio (MgSO₄), fertilizantes comúnmente usados por el agricultor en la dosis mencionada.

La capacidad de hidratación se determinó añadiendo 2.5 g del polímero en 300 mL de agua, dejando reposar seis horas y a continuación drenar usando una malla de 1 mm y cuantificar el volumen drenado. Por diferencia entre el volumen añadido y el volumen drenado se obtuvo el volumen de agua

absorbido, el cual dividido entre la cantidad de polímero usado dio como resultado la capacidad de hidratación del polímero expresado en mL g⁻¹ de polímero.

Cuadro 1. Análisis de las muestras de agua usadas en el estudio

Variable	Origen					
	Agua destilada	Agua de lluvia	La Choya	Campo Nuevo	DAG	La Brea
C.E. X 10 a 25° C	8.1	99.2	492.0	518.0	572.6	474.0
pH	6.77	7.16	6.81	6.94	7.29	7.39
SD (ppm)	0.0	0.0	314.8	331.5	366.4	303.3
RAS			1.57	1.71	1.14	1.56
	meq L ⁻¹					
Ca ²⁺	0.00	0.00	2.40	2.47	3.24	2.32
Mg ²⁺	0.00	0.00	0.55	0.55	0.80	0.50
Na ⁺	0.00	0.00	1.90	2.09	1.62	1.85
K ⁺	0.00	0.00	0.07	0.07	0.06	0.09
CO ₃ ²⁻	0	0	0	0	0	0
HCO ₃ ⁻	0.0	0.0	3.2	3.8	3.6	3.6
Cl ⁻	0	0	1	1	2	1
SO ₄ ²⁻	0.00	0.00	0.72	0.38	0.12	0.14

La Choya, 28° 50' 06" latitud Norte y 111° 34' 43" longitud Oeste.

Campo Nuevo, 28° 50' 16" latitud Norte y 111° 27' 32" longitud Oeste.

DAG, 29° 00' 52" latitud Norte y 111° 07' 56" longitud Oeste.

La Brea, 28° 47' 47" latitud Norte y 111° 20' 34" longitud Oeste.

El diseño experimental fue completamente al azar, con cinco repeticiones. Para el análisis de los datos obtenidos se usó el paquete estadístico SAS 6.12 (SAS Institute Inc., 1996), realizando el análisis de varianza de los datos y obteniendo la prueba de rango múltiple de Duncan con nivel de probabilidad del 5%.

Resultados y Discusión

Experimento 1. En el Cuadro 2 se presenta la capacidad de hidratación con los diferentes tipos de agua evaluadas, donde se observa que tanto con el agua destilada como con el agua de lluvia se tiene la mayor capacidad de hidratación, siendo esta 268 veces su peso en agua al usar agua destilada, observándose una reducción en la capacidad de hidratación al usar agua de pozo, coincidiendo con los resultados obtenidos por Akhter y col. (2004), al igual que Frantz y col. (2005), reducción que en el presente estudio representó el 54% en promedio.

Cuadro 2. Capacidad de hidratación del polímero hidrófilo con diferentes tipos de agua

Origen	Hidratación (veces su peso)	Diferencia (%)
Agua destilada	268	-
Agua de lluvia	225	-16.0
La Choya	131	-51.1
Campo Nuevo	124	-53.7
DAG	121	-54.9
La Brea	116	-56.7

En la Figura 1 se observa como la función exponencial se ajusta a los datos, mostrando que a medida que incrementa en el agua la C.E., CO_3^- , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} se reduce significativamente la capacidad de hidratación del polímero hidrófilo, con $R^2 > 0.8500$, lo cual muestra que no es solo una sal la que reduce la capacidad de hidratación del polímero. No encontrándose efecto por Cl^- , SO_4^{2-} y pH (datos no presentados).

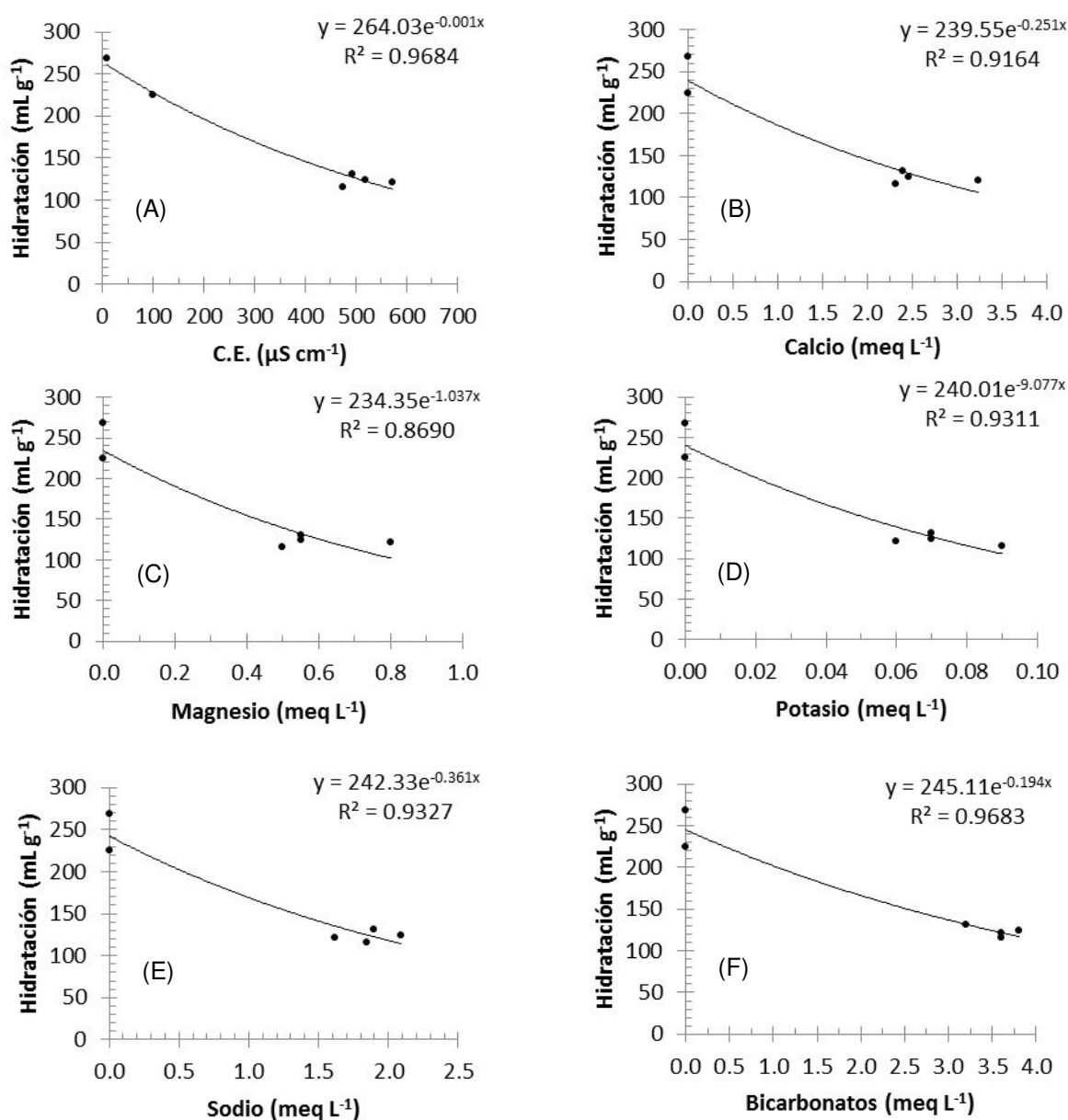


Figura 1. Capacidad de hidratación del polímero hidrófilo con respecto a: (A) Conductividad eléctrica, (B) calcio, (C) Magnesio, (D) Potasio, (E) Sodio y (F) Bicarbonatos.

Los resultados obtenidos coinciden con Katime (2003), quien menciona que la solución con la cual el polímero se hidrata suele tener sales disueltas, cuya naturaleza y cantidad depende de la composición del sustrato, el grado de salinidad, el tipo de agua o incluso de los fertilizantes que se utilizan, siendo componentes mayoritarios cationes como Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} y aniones como Cl^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , que afectan el grado de hidratación del polímero, haciendo necesario usar una cantidad mayor.

Por lo anterior, la presencia de sales en el agua proveniente de pozos agrícolas hace necesario incrementar en promedio 2.2 veces la cantidad de polímero a usar, para lograr el resultado obtenido con agua destilada; es decir, sin presencia de sales.

Experimento 2. En el Cuadro 3 se presenta la capacidad de hidratación del polímero al añadir al agua de pozo los fertilizantes comúnmente usados por el agricultor, donde se observa que la incorporación de fertilizantes en el agua reduce la capacidad de hidratación en un 50.3% en promedio, por lo que es necesario incrementar en promedio 4.4 veces la cantidad de polímero hidrófilo a usar para lograr el mismo resultado que el obtenido con agua destilada.

Cuadro 3. Capacidad de hidratación del polímero hidrófilo para diferentes tipos de agua de pozo, añadiendo fertilizantes

Origen	Hidratación		Diferencia ^z
	(veces su peso)		
	Sin fertilizantes	Con fertilizantes	(%)
La Choya	131	64	-51.1
Campo Nuevo	124	55	-55.6
DAG	121	63	-47.9
La Brea	116	62	-46.6

^z diferencia con respecto al agua de pozo sin fertilizante.

Los resultados coinciden con Bowman y col. (1990), Freitas y col. (2002), al igual que Akhter y col. (2004), quienes mencionan que al usar una solución a base de fertilizantes se da el deterioro del polímero, propiciado por la presencia de sales en el agua de riego, y cuya capacidad de hidratación disminuirá aún más durante los riegos subsecuentes debido al incremento en la concentración de sales (Akhter y col., 2004).

Conclusiones

El uso del polímero hidrófilo es una herramienta que ayuda a mejorar la capacidad de absorción de agua, permitiendo mejorar la eficiencia en el uso del agua; cuyo efecto depende de la calidad del agua, viéndose reducida significativamente la capacidad de hidratación del polímero con la presencia de sales en el agua de riego, al igual que con el uso de fertilizantes agrícolas. El uso de fertilizantes comúnmente usados en la agricultura reduce considerablemente la capacidad de hidratación del polímero.

Literatura Citada

- Akhter, J., K. Mahmood, K.A. Malik, A. Mardan, M. Ahmad and M.M. Iqbal. 2004. Effects of hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loam soils and seedling growth of barley, wheat and chickpea. *Plant Soil Environ.* 50: 463-469.
- Albuquerque, J.A.C., V.L.A. De Lima, D. Menezes, C.A.V. Azevedo, J. Dantas e J.G. Da Silva. 2009. Características vegetativas do coentro submetido a doses do polímero hidroabsorvente e lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 13: 671-679.
- Barón, A., I.X. Barrera, L.F. Boada y G. Rodríguez. 2007. Evaluación de hidrogeles para aplicaciones agroforestales. *Revista Ingeniería e Investigación* 27: 35-44.
- Bowman, D.C., R.Y. Evans and J.L. Paul. 1990. Fertilizer salts reduce hydration of polyacrylamide gels and affect physical properties of gel-amended container media. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115: 382-386.
- Choudhary, M.I., A.M. Al-Omran and A.A. Shalaby. 1998. Physical properties of sandy soil affected by soil conditioner under wetting and drying cycles. *Agricultural Science* 3: 69-74.
- Frantz, J.M., J.C. Locke, D.S. Pitchay and C.R. Krause. 2005. Actual performance versus theoretical advantages of polyacrylamide hydrogel throughout bedding plant production. *HortScience* 40: 2040-2046.
- Freitas, T.L., A. Bertonha e A.C. Andrade. 2002. Uso de hidrogel na agricultura. *Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais, Alta Floresta* 1: 23-31.
- Idrobo, H., A.M. Rodríguez y J.E. Díaz. 2010. Comportamiento del hidrogel en suelos arenosos. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente* 9: 33-37.
- Katime, I.A. 2003. Hidrogeles inteligentes. *Revista Iberoamericana de Polímeros*. Bilbao, España. P. 42.
- Omidian, H., S.A. Hashemi, P.G. Sammes and I. Meldrum. 1998. A model for the swelling of superabsorbent polymers. *Polymer* 39: 6697-6704.
- Orzolek, M.D. 1993. Use of hydrophylic polymers in horticulture. *HortTechnology* 3: 41-44.
- Rivera, C.A., C.A. Baeza y W. Chavarriaga. 2007. Efecto de un retenedor de agua y dosis crecientes de fertilizantes foliares sobre la producción de tomate chonto y larga vida bajo cubierta plástica agroclear. *Agron.* 15: 103-119.

- Rojas, B., R. Aguilera, J.L. Prin, H. Cequea, J. Cumana, E. Rosales y M. Ramírez. 2004. Estudio de la germinación de semillas de tomate en suelos áridos extraídos de la península de Araya (Venezuela) al utilizar polímeros de tipo hidrogeles. *Revista Iberoamericana de Polímeros* 5: 17-27.
- SAS Institute Inc. 1996. *The SAS System for Windows Release 6.12*. Cary, N. C. USA.
- Sojka, R.E., D.L. Bjorneberg, J.A. Entry, R.D. Lentz and W.J. Orts. 2007. Polyacrylamide in agriculture and environmental land management. *Advances in Agronomy* 92: 75-162.
- Sojka, R.E., J.A. Entry and J.J. Fuhrmann. 2006. The influence of high application rates of polyacrylamide on microbial metabolic potential in an agricultural soil. *Applied Soil Ecology* 32: 243-252.