

## Acrilato de potasio para reducir el uso de agua en tomate de invernadero

Alicia García-Moreno<sup>1</sup>  
Pedro Cano-Ríos<sup>1</sup>  
Héctor Mario Quiroga-Garza<sup>1</sup>  
José de Jesús Espinoza-Arellano<sup>2</sup>  
Rubí Muñoz-Soto<sup>1</sup>  
José Luis Reyes-Carrillo<sup>1,§</sup>

1 Unidad Laguna-Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Periférico Raúl López Sánchez km 1.5 y Carretera a Santa Fe s/n, Torreón, Coahuila, México. CP. 27059. (aliciagarmo24@hotmail.com; canorp49@hotmail.com; h.marioq@yahoo.com; rumuso23@htomail.com).

2 Facultad de Contaduría y Administración-Universidad Autónoma de Coahuila-Unidad Torreón. Boulevard Revolución 153 oriente, Col. Centro, Torreón, Coahuila, México. CP. 27000. (jesusespinoza-612@yahoo.com.mx).

Autor para correspondencia: jlreyes54@gmail.com

### Resumen

Los hidrogeles son materiales que absorben grandes cantidades de agua y se han utilizado para fines hortícolas. El objetivo de este trabajo fue hacer una evaluación técnica y económica del uso del hidrogel acrilato de potasio (AP) para reducir el consumo de agua en el cultivo de tomate utilizando tres dosis de AP (0, 3 y 6 g L<sup>-1</sup> de sustrato), dos sustratos (arena y la mezcla: 50% arena - 40% compost - 10% perlita) y dos variedades (Aquiles y Moctezuma). El trabajo experimental se llevó a cabo en uno de los invernaderos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, en la ciudad de Torreón, Coahuila, México durante el ciclo primavera verano de 2020. El diseño experimental fue en bloques al azar, 12 tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron: altura de planta, grosor del tallo, diámetro polar y ecuatorial del fruto, grosor de pulpa, número de lóculos, grados Brix, rendimiento y huella hídrica. El análisis económico se basó en la metodología de presupuesto parcial propuesta por el Centro Internacional de Maíz y Trigo para el análisis de experimentos. No se encontraron diferencias estadísticas en la calidad de fruto. El rendimiento se incrementó con AP y la huella hídrica se redujo. El ingreso marginal (Img) superó al costo marginal (Cmg) en las dos dosis de AP analizadas. El AP ahorró agua (20.1% y 21.1%) cuando se incorporó a mezcla de sustrato, aumentó el rendimiento (25.1 t ha<sup>-1</sup>), mejoró el ingreso (Img > Cmg) y mantuvo la calidad de los frutos.

### Palabras clave:

*Solanum lycopersicum*, hidrogel, huella hídrica, sustratos.



## Introducción

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es la principal hortaliza de México en términos de producción y exportación, pues anualmente se producen más de 3 800 000 t en más de 49 400 ha (SADER, 2020). Dentro de los cultivos de invernadero el tomate tiene gran importancia a nivel nacional e internacional tanto en la economía como en la alimentación (SAGARPA, 2017).

La agricultura se enfrenta a retos complejos de aquí al 2050 para alimentar a una población que alcanzará 9 000 000 000 de personas, se necesitará más agua para producir el 60% de los alimentos adicionales que se calcula serán necesarios para abastecer la demanda (FAO, 2019). La disminución de los recursos hídricos junto con los impactos del cambio climático y la creciente demanda de una población cada vez mayor, hace que la utilización efectiva de los recursos hídricos sea una necesidad (Ayas, 2019).

El crecimiento económico, el desarrollo y la población ejercen presión sobre los recursos hídricos, ya que algunas estimaciones sugieren que, de seguir con las prácticas actuales para el año 2030 el mundo enfrentará un déficit de 40% entre la demanda proyectada y el suministro del agua disponible. El volumen de uso del agua se ha multiplicado por seis en los últimos 100 años (Ramos-Cruz *et al.*, 2018).

El estrés por agua es uno de los principales factores que afectan el crecimiento del cultivo, productividad y calidad de fruto. La producción también se ve influida por las propiedades físicas y químicas adversas del suelo como las bajas tasas de infiltración, baja retención de agua y baja capacidad de intercambio de cationes (Nirmala y Thirupathiah, 2019). La necesidad de alimentar a una población mundial en crecimiento desafiará la dependencia agrícola del agua tal como la conocemos ahora; una mayor proporción de vegetales producidos en invernadero ayudaría a atenuar la situación (Stanghellini, 2014).

Los hidrogeles son materiales que retienen grandes cantidades de agua sin disolverse y cantidades sustanciales de soluciones acuosas. Son polímeros que absorben muchas veces su peso en agua (Neethu *et al.*, 2018) y se han propuesto ampliamente para fines hortícolas durante los últimos 40 años con la idea de utilizar sus propiedades de hinchamiento y liberación de agua para mejorar su disponibilidad para las plantas (Montesano *et al.*, 2015).

Algunas de sus características principales son: capacidad de hidratación, suministro y rehidratación, reducción de las necesidades de irrigación y disminución del estrés hídrico en las plantas (Rivera-Fernández y Gallo, 2018). Cuando el hidrogel se mezcla con el suelo, forma una masa similar a gelatina amorfa asociada a la hidratación y es insuperable en absorción y desorción durante un tiempo prolongado.

Actúa como un suministro lento de agua en el suelo (Abobatta, 2018) al disminuir la huella hídrica (HH), que son los litros de agua aplicados por cada kilogramo de producto cosechado (Hoekstra *et al.*, 2011). La hipótesis de trabajo es que, con el uso de acrilato de potasio, incorporado a los sustratos, disminuirá la cantidad de agua de riego, mejorará el crecimiento y el desarrollo de las plantas y se obtendrá un aumento en la calidad, producción e ingreso de los productores.

En este contexto el objetivo de este trabajo fue realizar una evaluación técnica y económica del uso del acrilato de potasio (AP) para reducir la cantidad de agua de riego y aumentar la productividad en el cultivo de tomate en invernadero.

## Materiales y métodos

### Establecimiento del experimento

El trabajo experimental se llevó a cabo en uno de los invernaderos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, en la ciudad de Torreón, Coahuila, México, la cual está ubicada en una longitud oeste de 101° 40' y 104° 45' y latitud norte de 25° 05' y 26° 54' durante el ciclo agrícola de primavera verano de 2020. El invernadero cuenta con un área de 200 m<sup>2</sup>, cubierta plástica, piso de grava, sistema de enfriamiento automático, pared húmeda y dos extractores de aire.

## Diseño experimental

Se evaluaron tres dosis de acrilato de potasio (AP) (riego sólido<sup>®</sup>) (A1, A2 y A3) (0, 3 y 6 g L<sup>-1</sup> de sustrato), dos sustratos (S1 y S2) (arena y la mezcla: 50% arena - 40% compost -10% perlita) y dos variedades de tomate (V1 y V2) (Aguiles y Moctezuma de Harris-Morán<sup>®</sup>). Los tratamientos se distribuyeron en un diseño experimental en bloques al azar, con 12 tratamientos y cuatro repeticiones para un total de 16 plantas por tratamiento y 192 plantas en todo el experimento.

Se utilizaron bolsas de polietileno negro como macetas con capacidad de 20 L, las cuales se llenaron con 12 L de cada sustrato. Antes del llenado se les incorporó la dosis correspondiente de hidrogel por tratamiento. Se realizó un lavado a todas las macetas previo al trasplante para lixiviar el exceso de sales mediante la aplicación de 30 L de agua corriente durante una semana, hasta que se alcanzó un pH de 6.5 y una conductividad eléctrica de 2.6 ambos medidos con el equipo Hanna<sup>®</sup> modelo HI98130.

## Siembra

La siembra de los dos híbridos de tomate se realizó en charolas de 200 cavidades, el sustrato utilizado fue peatmoss humedecido hasta capacidad de campo.

## Trasplante

Previo al trasplante del tomate, se saturaron las macetas con cinco L de agua para tener humedad en el sustrato e hidratar al máximo el hidrogel. Una vez drenada el agua de los sustratos el establecimiento se efectuó de forma manual.

## Riego

El riego se llevó a cabo dos veces al día y la cantidad de agua que se incorporó por maceta se calculó en base al peso inicial de cada maceta a capacidad de campo (CC) en cada uno de los tratamientos (Bernacchi y VanLooche, 2015). Para esta actividad se utilizó una báscula con capacidad de 100 kg (EQB-100/200, Torrey<sup>®</sup>). Se pesaron diariamente las repeticiones por tratamiento y se obtuvo el peso promedio. La diferencia entre el peso de las macetas a CC y el peso promedio por tratamiento antes de regar determinó la cantidad de agua que se agregó por tratamiento. Los riegos se llevaron a cabo de manera manual al medir con una probeta graduada la cantidad de agua a aplicar.

## Cosecha

Para evaluar el rendimiento se cosecharon y pesaron los frutos con calidad comercial de cada racimo en una báscula digital con capacidad de 5 kg (Truper<sup>®</sup> Base-5EP) y se utilizó una planta por repetición, con un total de cuatro plantas por tratamiento. El trabajo se llevó a cabo en el ciclo de cultivo primavera-verano.

## Análisis estadístico

Las variables evaluadas fueron: altura de planta (cm), grosor del tallo (mm), diámetro polar y ecuatorial del fruto (mm), número de lóculos, grados Brix (refractómetro manual Amerza<sup>®</sup>), rendimiento (t ha<sup>-1</sup>) y huella hídrica (HH). Los datos se analizaron con el programa SAS versión 9.0 (Statistical Analysis System, 2002). En las variables donde hubo significancia estadística, se realizó la prueba de comparación de medias por DMS<sub>0.05</sub>.



## Análisis económico

Para el análisis económico se utilizó la metodología del Centro Internacional de Maíz y Trigo (CIMMYT) conocida como presupuesto parcial (CIMMYT, 1988) que consiste en analizar y comparar los conceptos de costos e ingresos que difieren entre los tratamientos. Se calcularon el ingreso marginal (Img) y el costo marginal (Cmg) para analizar la conveniencia de elegir el tratamiento alternativo. El criterio de decisión para aceptar un tratamiento de mayor costo es cuando el  $Img > Cmg$ , lo cual implica que al invertir en un tratamiento de mayor costo el ingreso adicional obtenido del cambio debe ser mayor al costo de su aplicación.

## Resultados y discusión

### Características de planta y fruto

Las variables evaluadas en el experimento como altura de planta, grosor del tallo, diámetro polar y ecuatorial del fruto, grosor de pulpa, número de lóculos y grados rix no presentaron diferencias estadísticas en los tratamientos evaluados ( $p \geq 0.05$ ).

### Rendimiento

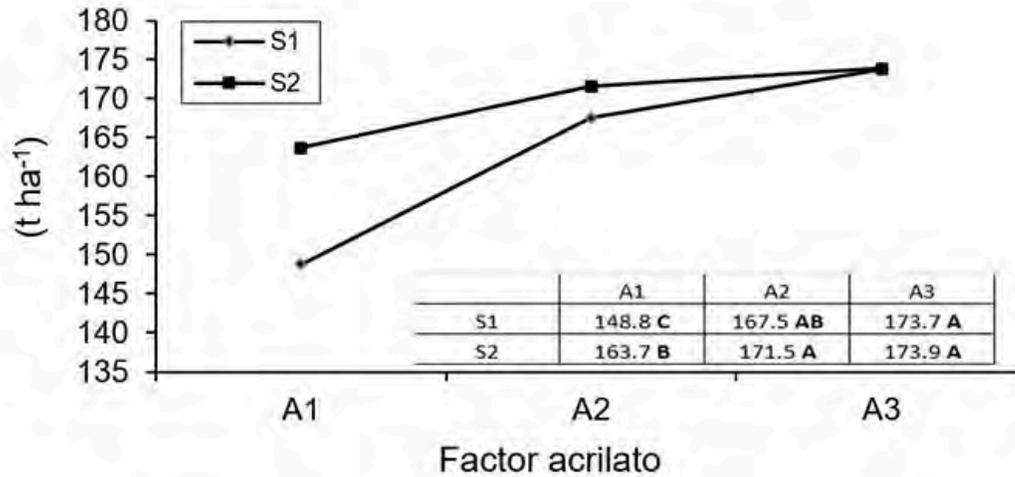
El análisis de varianza para la variable rendimiento en  $t\ ha^{-1}$  encontró diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) en los siguientes factores: acrilato, sustrato y la interacción acrilato\*sustrato. No se encontró diferencia estadística en el factor variedad (V1 y V2) ( $p \geq 0.05$ ).

En la Figura 1 se observa que cuatro de los tratamientos fueron estadísticamente iguales (S1\*A2, S1\*A3, S2\*A2 y S2\*A3) con rendimientos de 167.5, 173.7, 171.5 y 173.9  $t\ ha^{-1}$  respectivamente. El mayor rendimiento fue de 173.9  $t\ ha^{-1}$  y se obtuvo con la dosis de 6 g de acrilato de potasio por litro de sustrato con el sustrato mezcla (S2\*A3).



Figura 1

Dosis de acrilato de potasio (A1, A2 y A3) y rendimiento del cultivo de tomate ( $t\ ha^{-1}$ ) en los sustratos arena (S1) y mezcla (S2) bajo condiciones de invernadero. Letras distintas indican diferencia significativa  $DMS_{0.05}$ .



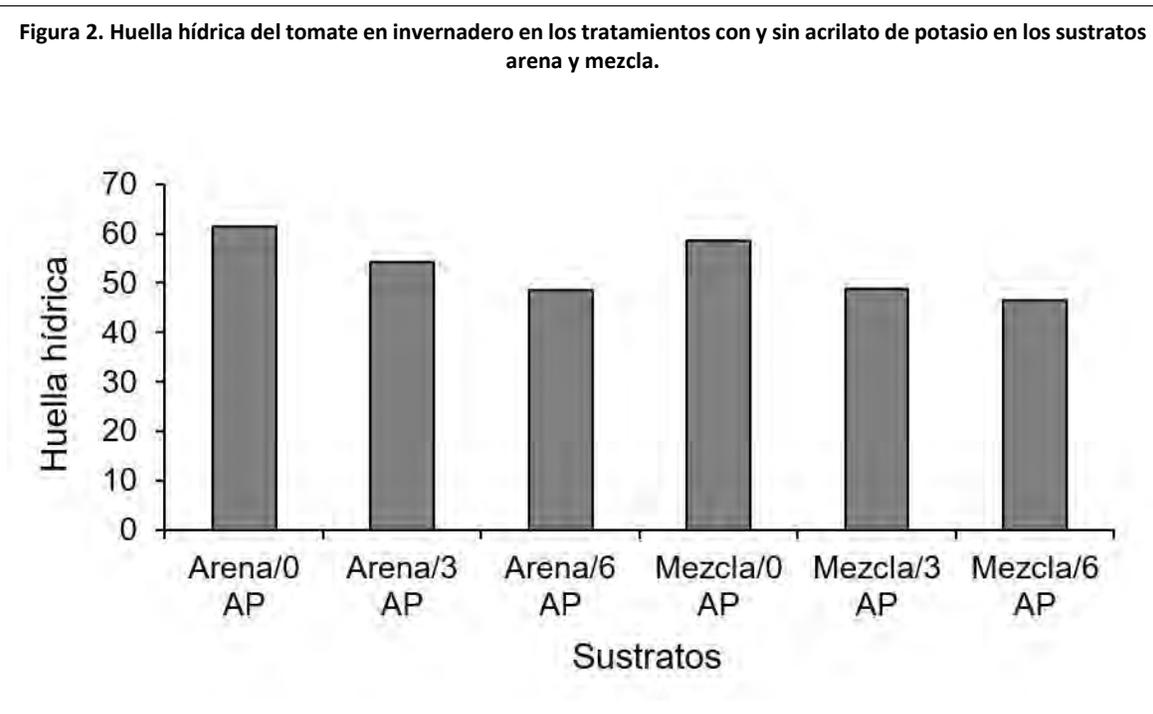
El testigo sin acrilato de potasio en el sustrato mezcla (S2\*A1) fue estadísticamente diferente ( $p \leq 0.05$ ) a los tratamientos anteriores con un rendimiento de  $163.7\ t\ ha^{-1}$ . El menor rendimiento fue de  $148.8\ t\ ha^{-1}$  y se obtuvo del testigo sin acrilato en el sustrato arena (S1\*A1), el cual fue estadísticamente diferente e inferior en rendimiento al resto de los tratamientos ( $p \leq 0.05$ ).

## Agua

En el Cuadro 1 se muestra la huella hídrica (HH) para los tratamientos con acrilato a diferentes dosis y sin acrilato de potasio, así como también la cantidad de agua ahorrada en porcentaje (%) con las dosis de 0, 3 y 6 g de acrilato de potasio. En ambos sustratos a medida que se aumenta las dosis de acrilato se obtiene un mayor ahorro de agua con lo cual también se disminuyó la huella hídrica (Figura 2).

Cuadro 1					
Huella hídrica (HH) y agua ahorrada en tomate en invernadero con 0, 3 y 6 gramos de acrilato de potasio por litro de sustrato ( $g\ L^{-1}$ ).					
Acrilato ( $g\ L^{-1}$ )	Sustrato	HH	Agua ahorrada (%)	( $t\ ha^{-1}$ )	( $m^3\ t^{-1}\ ha^{-1}$ )
	Arena	61.5	0	148.8	9 151.2
3	Arena	54.3	11.7	167.5	9 095.2
6	Arena	48.6	21	173.7	8 441.8
0	Mezcla	58.7	0	163.7	9 609.1
3	Mezcla	48.7	17	171.5	8 352
6	Mezcla	46.5	20.7	173.9	8 086.3

En la Figura 2 se puede apreciar como la huella hídrica disminuyó a medida que se incrementó la dosis de acrilato de potasio por litro de sustrato.



Análisis económico. El ingreso marginal (Img) se define como el incremento en el ingreso total atribuible al incremento en la producción del tratamiento alternativo. Por otro lado, el costo marginal (Cmg) se refiere al incremento en el costo total atribuible al tratamiento alternativo (CIMMYT, 1988; Krugman y Wells, 2006). La inversión inicial en pesos  $ha^{-1}$  para la adquisición del acrilato de potasio para la dosis de  $3 g L^{-1}$  de sustrato fue de  $\$107\ 820 ha^{-1}$ , mientras que para la de  $6 g L^{-1}$  de sustrato fue de  $\$215\ 640 ha^{-1}$ .

El acrilato de potasio tiene una vida útil de ocho años, pero su efectividad se reduce a partir de los seis años, por lo que es necesario incorporar cierta cantidad a partir de ese tiempo. Para realizar el análisis económico en este estudio se consideraron los seis años, período que dura su efectividad máxima.

El producto marginal es la variación que experimenta la producción de un bien al incrementar una unidad de un factor productivo del mismo (Krugman y Wells, 2006). Si el ingreso marginal es mayor que el costo marginal, entonces se acepta el cambio tecnológico. Enseguida se muestra el desglose de los cálculos del costo e ingreso marginales para los tratamientos analizados.

Cálculo del costo marginal (Cmg) para los tratamientos de 3 y 6 g de acrilato  $L^{-1}$  de sustrato. Precio del acrilato de potasio en el mercado=  $\$119.8 kg^{-1}$ . Cálculo para el tratamiento 3 g de acrilato de potasio. Capacidad de la maceta: 12 L= 36 g. Densidad de población: 25 000 plantas  $ha^{-1}$ . Total, de producto empleado  $(36 \times 25\ 000) = 900 kg ha^{-1}$

Costo inicial por la adquisición del acrilato  $(900 \times 119.8)$ :  $\$107\ 820 ha^{-1}$ . Costo anual del uso de AP= costo inicial/6 años=  $\$17\ 970 ha^{-1}$  por año. Este costo del AP se dividió entre dos porque en el año se cosecha en los dos ciclos agrícolas primavera-verano (P-V) y otoño- invierno (O-I) por lo que el costo/ha/ciclo agrícola de 3 g de AP=  $\$8\ 985$ .



Por tanto, el Cmg (incremental) de pasar de 0 a 3 g de AP fue de \$8 985 ha<sup>-1</sup>. Cálculo para el tratamiento con 6 g de acrilato de potasio. Capacidad de la maceta: 12 L= 72 g. Densidad de población: 25 000 plantas ha<sup>-1</sup>

Total, de producto empleado (72 x 25 000)= 1800 kg ha<sup>-1</sup>. Costo inicial por la adquisición del acrilato (1800 x 119.8): \$215 640 ha<sup>-1</sup>. Costo anual del uso de AP= costo inicial/6 años= \$35 940 ha<sup>-1</sup> por año. Pero el costo del AP se dividió entre dos porque en el año se cosecha en los dos ciclos agrícolas (PV) y (OI) por lo que el costo/ha/ciclo agrícola de 6 g de AP= \$17 970 ha<sup>-1</sup>.

Por tanto, el Cmg (o incremental) de pasar de 3 a 6 g de AP fue de \$17 970- \$8 985 = \$8 985 ha<sup>-1</sup> por ciclo agrícola. Por otro lado, el cálculo del Ingreso marginal (Img) para los tratamientos de 3 y 6 g de AP para los sustratos arena y mezcla se calculó mediante la fórmula:  $Img = Pr \times Pmg$ . Donde: Img= ingreso marginal; Pr= precio del producto; y Pmg= producto marginal.

El Pmg es la cantidad adicional de tomate comercial en que supera la producción de un tratamiento a la producción del tratamiento previo. El precio de \$5 542.79 t<sup>-1</sup> fue el precio medio rural del tomate durante el ciclo (PV) 2020 en la Laguna de Coahuila (SIAP, 2020).

Para el sustrato de arena al pasar de 0 a 3 g de AP el producto marginal (Pmg) fue de: 167.5-148.8= 18.6 t ha<sup>-1</sup> el cual multiplicado por el precio del tomate (\$5 542.79 t<sup>-1</sup>) se obtiene un Ingreso marginal (Img) de \$103 096. Para el sustrato de arena al pasar de 3 a 6 g de AP el producto marginal (Pmg) fue de: 173.7-167.5= 6.2 t ha<sup>-1</sup> el cual multiplicado por el precio del tomate (\$5 542.79 t<sup>-1</sup>) se tiene un Ingreso marginal (Img) de \$34 365.

Para el sustrato de mezcla al pasar de 0 a 3 g de AP el producto marginal (Pmg) fue de: 171.5-163.7= 7.8 t ha<sup>-1</sup> el cual multiplicado por el precio del tomate (\$5 542.79 t<sup>-1</sup>) da un Ingreso marginal (Img) de \$43 233. Para el sustrato de mezcla al pasar de 3 a 6 g de AP el producto marginal (Pmg) fue de: 173.9-171.5= 2.4 t ha<sup>-1</sup> el cual multiplicado por el precio del tomate (\$5 542.79 t<sup>-1</sup>) corresponde a un Ingreso marginal (Img) de \$13 302.

En el Cuadro 2 se presentan, de manera sintética, los resultados anteriores donde se incluye el criterio de decisión. En todos los casos el  $Img > Cmg$  por lo que, desde el punto económico, en los dos tipos de sustrato, el ingreso derivado de la aplicación del AP de 0 a 3 g y de 3 a 6 g resulta conveniente porque es mayor el ingreso que se obtiene al aumentar la dosis de los que cuesta utilizarlo. En los dos tipos de sustratos es rentable aplicar 6 g de AP por litro de sustrato.

**Cuadro 2. Ingreso marginal (Img) y Costo marginal (Cmg) y criterio de decisión al utilizar 0, 3 y 6 g de acrilato de potasio L<sup>-1</sup> de sustrato en el cultivo de tomate en invernadero.**

Acrilato (g)	Sustrato	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Img (producción marginal x precio)	Img de los tratamientos	Cmg de tratamientos (\$)	Decisión
0	Arena	148.9	-	-	-	-
3	Arena	167.5	18.6 x \$5 542.79	103 095	8 985	Img > Cmg
6	Arena	173.8	6.2 x \$5 542.79	34 365	8 985	Img > Cmg
0	Mezcla	163.7	-	-	-	-
3	Mezcla	171.5	7.8 x \$5 542.79	43 233	8 985	Img > Cmg
6	Mezcla	173.9	2.4 x \$5 542.79	13 302	8 985	Img > Cmg

Img= ingreso marginal; Cmg= costo marginal.

En relación con el valor económico del ahorro de agua presentado en el Cuadro 1 los resultados indican que tal ahorro no es tan significativo en su contribución al ingreso del productor como lo es el incremento en los rendimientos. Al tomar en cuenta que el costo del agua es \$1.56 m<sup>-3</sup> (Ramírez-Barraza *et al.*, 2019) los ahorros con el uso del AP fueron los siguientes. En el sustrato arena al pasar de 0 a 6 g de AP el ahorro fue de 709 m<sup>3</sup> con un valor de \$1 107.00 pesos.

En el sustrato mezcla para los mismos tratamientos el ahorro fue de 1 523 m<sup>3</sup> con un valor de \$2 376.00 pesos. Ambos valores, aunque son importantes, están muy lejos de lo que aportan a los ingresos los aumentos en los rendimientos por hectárea.

## Rendimiento

El uso del acrilato de potasio tuvo resultados positivos y significativos cuando se incorporó a los sustratos arena y mezcla (50% arena - 40% compost - 10% perlita). Los beneficios del acrilato de potasio se reflejaron en la variable rendimiento, en el ahorro de agua al disminuir la huella hídrica y en la mejora del ingreso. El rendimiento se incrementó con la incorporación de acrilato de potasio en los dos sustratos estudiados, pero este no mostró diferencia significativa ( $p \leq .05$ ) cuando se aumentó la dosis del hidrogel de 3 a 6 g L<sup>-1</sup>. Aunque hubo diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre ambos sustratos cuando no fueron tratados con el hidrogel, la incorporación de dosis similares de 3 y 6 g L<sup>-1</sup> respectivamente, resultaron ser estadísticamente iguales.

Autores como Ahmed y Fahmy (2019) realizaron un estudio para evaluar el potencial de polímeros naturales para mejorar la disponibilidad de agua en el tomate (*S. lycopersicum*), el cual se llevó a cabo en un suelo franco arenoso a dosis de 2 g kg<sup>-1</sup> de suelo. Los resultados mostraron que se alcanzó un rendimiento 20.5% mayor al testigo.

De acuerdo con las producciones encontradas en esta investigación se obtuvo un 5.8% más de rendimiento con respecto al testigo con el sustrato mezcla (S2) a dosis de 6 g de acrilato de potasio (A3) y un 14.3% para el caso del sustrato arena (S1) a la misma dosis. Aunque estos resultados fueron estadísticamente diferentes están por debajo de los reportados por dichos autores.

En otro estudio en tomate Mandal et al. (2015) encontraron un aumento en la producción de fruto de 2.9 t ha<sup>-1</sup> respecto al testigo con la aplicación de hidrogel cuando se aplican a dosis de 50 kg ha<sup>-1</sup>. De acuerdo con los promedios de este trabajo la diferencia mínima de rendimiento con respecto al testigo fue de 10.19 t, pero con una aplicación de 900 kg ha<sup>-1</sup> de acrilato de potasio al considerar la dosis de 3 g.

Los rendimientos obtenidos con las dosis de 3 y 6 g L<sup>-1</sup> de sustratos fueron inferiores a los reportados por Ortega-Torres et al. (2020) con tomate bajo condiciones de invernadero al usar como sustrato fibra de coco mezclado con acrilato de potasio a concentraciones de 0, 25, 75 y 100% donde se obtuvo un rendimiento de 283 t ha<sup>-1</sup>. Nassaj-Bokharaei et al. (2021) confirman, tanto los efectos positivos de los tratamientos con hidrogel en nanopartículas sobre el crecimiento y la supervivencia del tomate en condiciones de estrés por déficit de agua, así como la magnitud de las respuestas al tratamiento sobre los parámetros de crecimiento.

La concentración de nutrientes y la actividad de los microorganismos del suelo dependió de la concentración del hidrogel aplicado y la severidad del estrés por lo que su adición puede sugerirse como un método exitoso para mantener el contenido de humedad del suelo, ahorro de agua y nutrientes.

## Agua

La huella hídrica para la producción de tomate en este trabajo se redujo con la aplicación del acrilato de potasio en ambos sustratos, disminuyó aún más cuando la dosis se aumentó de tres a seis gramos por litro de sustrato. En el aspecto económico el ingreso marginal (Img) fue superior al costo marginal (Cmg) en las dos dosis analizadas y en los dos estratos lo que implica que es costeable económicamente la utilización del hidrogel.

De acuerdo con Ortega-Torres et al. (2020) en la producción de tomate, con la mezcla de fibra de coco como sustrato, adicionada de acrilato de potasio ejerció una sinergia positiva en la retención de agua al inicio del cultivo pues la fibra de coco al 100% tuvo la mayor pérdida de agua, encontrando una correlación positiva con esta variable y el porcentaje de acrilato en la mezcla.

Se observó también una reducción de la porosidad del sustrato que tuvo la mezcla con el acrilato de potasio, pues este polímero al absorbió el agua y ocupó el espacio poroso. La aplicación de

polímero de poliacrilamida y acrilato de potasio (PAM) al cultivo de tomate, en proporciones en peso de 25 y 50 kg ha<sup>-1</sup> en suelos franco arenoso y franco arcilloso, aumentó el contenido de agua disponible en un 101 a 192%, en comparación con los suelos no tratados.

En este experimento de campo con riego semanal y riego de 20 L m<sup>-2</sup> cada tres semanas no tuvo un efecto significativo sobre la altura de la planta de tomate, el rendimiento y la calidad del fruto. La aplicación de AP a 25 kg ha<sup>-1</sup> con riego en semanas alternas no solo produjo el mayor rendimiento de tomate de 67.2 t ha<sup>-1</sup>, sino que ahorró 1 800 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de agua de riego durante una temporada de crecimiento del cultivo (Reddy *et al.*, 2015).

Este ahorro superó a lo encontrado en este estudio donde el máximo ahorro de agua alcanzado fue de 1 066 m<sup>3</sup> con la dosis de 6 g L<sup>-1</sup> y mezcla de sustrato y esta diferencia se debe al volumen de agua más elevado que se aplicó en ese experimento, pero su rendimiento fue muy inferior a las 173.9 t ha<sup>-1</sup> obtenidas en este trabajo.

Investigaciones propuestas por Sobrinho y Barbosa (2020) reportan que cuando se agrega hidrogel al suelo, su eficiencia de absorción de agua se reduce independientemente de las soluciones fertilizantes agregadas y por tanto, es importante que se realicen más investigaciones con mayores volúmenes de suelo y más dosis de polímeros para que los efectos de los fertilizantes puedan estimarse mejor en la retención de agua cuando el hidrogel está en contacto con el suelo. La demanda de materiales absorbentes probablemente crecerá en la agricultura en el corto y mediano plazo, esto debido a la escasez de agua derivada de la falta de lluvia y abatimiento de los mantos acuíferos a nivel mundial (Llanes *et al.*, 2020).

## Conclusiones

El uso del acrilato de potasio en el cultivo de tomate en invernadero tuvo efectos en la disminución del consumo de agua y en el aumento de los rendimientos, aunque el incremento en la dosis de 3 a 6 gramos no obtuvo diferencias estadísticas. El análisis económico mostró que el ingreso marginal, con la adición de acrilato de potasio, superó el costo de su utilización por lo que fue económicamente suficiente para justificar su uso.

El acrilato mostró hacer mayor aporte al ingreso de los agricultores por el aumento de los rendimientos que por el ahorro de agua. El uso del acrilato de potasio, cuando se incorpora a diferentes sustratos, ayuda a aumentar el rendimiento, a mantener la calidad del fruto, ahorrar significativamente la cantidad de agua utilizada y aumentar el ingreso de los agricultores. Futuros trabajos deberán contemplar también la cantidad de fertilizante ahorrado con el uso de hidrogeles.

## Agradecimientos

Alicia García Moreno con CVU 1003181, agradece al CONACYT por la beca otorgada para sus estudios de posgrado

## Bibliografía

- 1 Abobatta, W. 2018. Impact of hydrogel polymer in agricultural sector. *Advances in agriculture and environmental science*. 1(2):59-64. Doi: 10.30881/aaeoa.00011.
- 2 Ahme, S. S. and Fahmy, A. H. 2019. Applications of natural polysaccharide polymers to overcome water scarcity on the yield and quality of tomato fruits. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering Mansoura Univ*. 10(4):199-208. Doi: 10.21608/JSSAE.2019.36727.
- 3 Ayas, S. 2019. Water-yield relationships of deficit irrigated tomato (*Lycopersicon lycopersicum* L. var. HazaR F1). *Applied ecology and environmental research*. 17(4):7765-7781. Doi:10.15666/aeer/1704-77657781.

- 4 Bernacchi, C. J. and VanLoocke, A. 2015. Terrestrial ecosystems in a changing environment: a dominant role for water. *Annual Review of Plant Biology*. 66:599-622. Doi: 10.1146/annurev-arplant-043014-114834.
- 5 CIMMYT. 1988. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica. Ed. completamente revisada. El batán, Estado de México. 79 p. <https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/1063/9031.pdf>.
- 6 FAO. 2019. Food and Agriculture Organisation. Agua. <http://www.fao.org/water/es>.
- 7 Hoekstra, A. Y.; Chapagain, A. K.; Aldaya, M. M. and Mekonnen, M. M. 2011. The water footprint assessment manual: setting the global standard, Earthscan, London, UK. 203 p.
- 8 Krugman, P. R. y Wells, R. 2006. Introducción a la economía. Microeconomía. Ed. Reverté. Barcelona, España. 552 p.
- 9 Llanes, L.; Dubessay, P.; Pierre, G.; Delattre, C. and Michaud, P. 2020. Biosourced polysaccharide based superabsorbents. *Polysaccharides*. 1(1):51-79. <https://doi.org/10.3390/polysaccharides1010005>.
- 10 Mandal, U. K.; Sharma, K. L.; Venkanna, K.; Korwar, G. R.; Reddy, K. S.; Pushpanjali, P.; Reddy, N. N.; Govindarajan, D.; Masane, R. and Yadaiah P. 2015. Evaluating hydrogel application on soil water availability and crop productivity in semiarid tropical red soil. *Indian journal of dryland agricultural research and development*. 30(2):1-10. Doi:10.5958/2231-6701.2015.00018.4.
- 11 Montesano, F. F.; Parente, A.; Santamaria, P.; Sannino, A. and Serio, F. 2015. Biodegradable superabsorbent hydrogel increases water retention properties of growing media and plant growth. *Agriculture and agricultural science procedia*. 4:451-458. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.03.052>.
- 12 Nassaj-Bokharai, S.; Motesharezede, B.; Etesami, H. and Motamedi, E. 2021. Effect of hydrogel composite reinforced with natural char nanoparticles on improvement of soil biological properties and the growth of water deficit stressed tomato plant. *Ecotoxicology and environmental safety*. 223:1-11. Doi:10.1016/j.ecoenv.2021.112576.
- 13 Neethu, T. M.; Dubey, P. K. and Kaswala, A. R. 2018. Prospects and applications of hydrogel technology in agriculture. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 7(5):3155-3162. Doi: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.705.369>.
- 14 Nirmala, A. and Thirupathai, G. 2019. Hydrogel/superabsorbent polymer for water and nutrient management in horticultural crops review. *International journal of chemical studies*. 7(5):787-795. <https://www.chemijournal.com/archives/?year=2019&vol=7&issue=5&ArticleId=7033&si=false>.
- 15 Ortega-Torres, A. E.; Flores-Tejeida, L. B.; Guevara-González, R. G.; Rico-García, E. y Soto-Zarazúa, G. M. 2020. Hidrogel acrilato de potasio como sustrato en cultivo de pepino y jitomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 11(6):1447-1455. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2222>.
- 16 Ramírez-Barraza, B. A.; González-Estrada, A.; Valdivia-Alcalá, R.; Salas González, J. M. y García-Salazar, J. A. 2019. Tarifas eficientes para el agua de uso agrícola en la Comarca Lagunera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 10(3):539-550. Doi: <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i3.1295>.
- 17 Ramos-Cruz, C. M.; Pérez-Evangelista, E. R.; Miguel-Valle, E.; Ramírez-Delgado, D. y Maltos-Buendía, J. 2018. Panorama de la situación del agua y la agricultura: Una revisión. *Ciencia e innovación*. 1:309-319.
- 18 Reddy, K. S.; Srinivas, K.; Reddy, A. G. K.; Sharma, K. L.; Indoria, A. K.; Reddy, K. S.; Grover, M. T.; Srinivas, B. and Venkateswarlu, B. 2015. Water absorption and release characteristics of a polymer and its effect on available water content, tomato (*Lycopersicon*

- esculentum*) productivity and water use efficiency in a semi arid sandy loam soil. Journal of the Indian Society of Soil Science. 63(4):384-393. Doi:10.5958/0974-0228.2015.00051.1.
- 19 Rivera-Fernández, R. D. y Gallo, F. M. 2018. Absorción de agua de hidrogel de uso agrícola y su humedecimiento de tres tipos de suelo. Universidad Nacional de Cuyo. Revista Facultad Ciencias Agrarias, 50(2):15-21. <https://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/RFCA/article/view/2810>.
  - 20 SAS Institute Inc. 2002. Statistical Analysis System, versión 9.0, Cary, NC. USA.
  - 21 SADER. 2020. Secretaría de agricultura y desarrollo rural. El jitomate, hortaliza mexicana de importancia mundial. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-jitomate-hortaliza-mexicana-de-importancia-mundial?idiom=es>.
  - 22 SAGARPA. 2017. Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030 Jitomate Mexicano. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-jitomate-hortaliza-mexicana-de-importancia-mundial?idiom=es>.
  - 23 SIAP. 2020. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario estadístico de la producción agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola>.
  - 24 Sobrinho, J. F. and Barbosa, F. E. L. 2020. Water absorption by hydrogel using fertilizers. Environment and Natural Resources Research. 10:26-32. 10.5539/enrr.v10n2p26.
  - 25 Stanghellini, C. 2014. Horticultural production in greenhouses: efficient use of water. acta horticultrae. 1034:25-32. Doi:10.17660/ActaHortic.2014.1034.1.



## Acrilato de potasio para reducir el uso de agua en tomate de invernadero

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 January 2024
Date accepted: 01 March 2024
Publication date: 12 July 2024
Publication date: May-Jun 2024
Volume: 15
Issue: 4
Electronic Location Identifier: e3336
DOI: 10.29312/remexca.v15i4.3336
Funded by: CONACYT
Award ID: CVU 1003181

### Categories

Subject: Artículo

### Palabras clave:

**Palabras clave:**

*Solanum lycopersicum*

hidrogel

huella hídrica

sustratos

### Counts

Figures: 2

Tables: 2

Equations: 0

References: 25

Pages: 0