

## **ESTUDIO DE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE TOMATE EN SUELOS ÁRIDOS EXTRAIDOS DE LA PENINSULA DE ARAYA (VENEZUELA) AL UTILIZAR POLÍMEROS DE TIPO HIDROGELES**

**Blanca Rojas de Gáscue<sup>1</sup>, Rocelis Aguilera<sup>1</sup>, José Luis Prin<sup>1</sup>, Hernán Cequea<sup>2</sup>, José  
Cumana<sup>3</sup>, Edgar Rosales<sup>4</sup> y Marvelis Ramírez<sup>5</sup>**

1) Universidad de Oriente, Instituto de Investigaciones en Biomedicina y Ciencias Aplicadas (IIBCA-UDO), Cerro del Medio, Apartado Postal 245, Cumaná. Estado de Sucre. Venezuela. Correo electrónico: blanca\_gascue@yahoo.com

2) Universidad de Oriente, Departamento de Biología. Núcleo de Sucre, Cumaná, Venezuela

3) Universidad de Oriente, Herbario, IRBR. Núcleo de Sucre, Cumaná, Estado de Sucre, Venezuela.

4) Instituto Universitario de Tecnología (IUT-Cumaná), Departamento de Tecnología Agropecuaria, Cariaco, Estado de Sucre, Venezuela.

5) Universidad de Los Andes, Departamento de Química, Grupo de Polímeros, Estado de Mérida, Venezuela

### **RESUMEN**

El objetivo de este trabajo es el estudio de la germinación de semillas de tomate en suelos áridos extraídos de la Península de Araya, ubicados en Guayacán (Estado Sucre, Venezuela), mezclados con hidrogeles. Se utilizó un hidrogel comercial que se mezcló con el suelo sobre la base de dos diseños experimentales, aplicados en dos etapas. El primer diseño fue de tres variables a dos niveles: la primera variable fue la cantidad de hidrogeles mezclada con el suelo. La segunda fue el hinchamiento de los hidrogeles en agua antes de mezclarlos. La tercera fue el tiempo de riego: 3 y 15 días. En estas condiciones se sembraron 40 semillas certificadas de tomate en cada condición manteniendo el riego durante cuarenta días. La utilización de una mayor cantidad de hidrogeles en la tierra favoreció la germinación de un mayor número de plantas, hasta en un 100% más que cuando se usó una menor proporción. Estos resultados evidenciaron que la utilización de una mayor cantidad de hidrogeles facilita la absorción por parte de las semillas de mayores cantidades de agua, la cual se libera posteriormente hacia la semilla a medida que el suelo se seca alrededor del polímero, constituyendo una reserva de agua que permite aprovechar mejor el agua de riego y aumentar la capacidad de reserva en las plantas.

### **INTRODUCCIÓN**

Hidrogeles, hidrorretentores o súper absorbentes son los polímeros hidrófilos o absorbentes de agua que forman redes tridimensionales, siendo generalmente moléculas orgánicas de cadena larga y elevado peso molecular unidas mediante enlaces transversales entre las cadenas (1).

Los geles, en general, son sólidos porosos, con una matriz continua formada por una red esquelética. El espacio entre las redes está lleno de un líquido, generalmente agua, por lo cual se denominan hidrogeles. Son muy activos desde el punto de vista osmótico, por ello se dice que físicamente son especies intermedias entre el estado sólido y el estado líquido. Por su naturaleza los hidrogeles hinchados tienen simultáneamente las propiedades cohesivas de los sólidos y las propiedades difusivas de transporte de los líquidos.

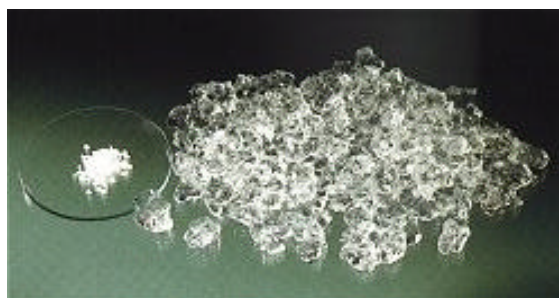


Figura 1. Forma física que presentan los hidrogeles antes y después del hinchamiento con agua.

El grado de hinchamiento viene determinado por la naturaleza de las cadenas de polímeros y la densidad de los enlaces transversales (2). Cuando los hidrogeles se secan, la red hinchada se colapsa por lo que el gel seco (denominado xerogel) es de tamaño mucho menor al del gel hinchado (véase la Figura 1).

Entre sus aplicaciones, los hidrogeles se pueden utilizar para aumentar la capacidad de retención de agua del suelo y para espaciar las frecuencias de riego en los suelos muy áridos. El objetivo de este trabajo fue el estudio metódico de la germinación de semillas de tomate en suelos áridos extraídos de la Península de Araya, ubicada en Guayacán (Estado Sucre, Venezuela).

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Se utilizó un hidrogel comercial, que se caracterizó en primer lugar mediante espectroscopia infrarroja con Transformada de Fourier (IR-TF). Para ello el hidrogel se purificó en agua destilada y posteriormente fue secado a temperatura ambiente. Para obtener los espectros IR, el polímero se trituró y se mezcló con KBr en una proporción (en peso) KBr/hidrogel, 3/1, obteniéndose finalmente pastillas por compresión que fueron llevadas al equipo. Los espectros se obtuvieron después de 24 barridos realizados a una resolución nominal de  $2\text{ cm}^{-1}$ .

Para medir la germinación de las semillas de tomate, el hidrogel se mezcló con suelo extraído de la Península de Araya, sobre la base de dos diseños experimentales realizados en dos etapas.

### Etapas 1:

El primer diseño experimental fue de tres variables a dos niveles: La primera variable considerada fue la cantidad de hidrogeles a utilizar, para lo cual se establecieron las proporciones de 0,5 y 1% en peso respecto al suelo.

La segunda variable fue el hinchamiento previo de los hidrogeles en agua en comparación con la utilización de HG secos. Así se colocaron en agua destilada (200 mL) durante 3 horas. La tercera variable fue el tiempo de riego que se estableció en 3 y en 15 días. En estas condiciones se sembraron 40 semillas de tomate certificadas para cada condición, manteniendo un riego con una cantidad de agua de 100 mL durante 40 días. Esto generó ocho condiciones en las cuales se sembraron las semillas de tomate, las cuales se describen en la Tabla 1. En dicha tabla puede apreciarse que las últimas dos condiciones corresponden a los patrones de comparación (testigos), donde se sembraron las semillas de tomate sin la presencia de hidrogeles.

Etapa 2:

Durante el desarrollo de la primera etapa, se discriminaron factores importantes que se aplicaron para esta segunda etapa, tales como la separación entre las semillas sembradas en cada condición, la frecuencia de riego, la cantidad de tierra, la purificación previa de los hidrogeles comerciales y el tamaño de partícula de los hidrogeles. En este sentido, para cada condición se trituró el hidrogel exhaustivamente y se purificó en una proporción de 0,1 g por litro de agua desionizada durante 48 h. El hidrogel purificado se secó por 48 horas más.

Tabla 1. Condiciones empleadas en la siembra de semillas de tomate con hidrogeles (HG) para la Etapa 1.

N°	Condición	Intervalo de riego (días)	% de HG
1	HG previamente hinchados	3	1
2	HG previamente hinchados	15	1
3	HG previamente hinchados	3	0,5
4	HG previamente hinchados	15	0,5
5	HG secos	3	1
6	HG secos	15	1
7	HG secos	3	0,5
8	HG secos	15	0,5
9	Solo suelo	3	0
10	Solo suelo	15	0

Para la segunda etapa se planteó un diseño experimental de dos variables a dos niveles. La primera variable estudiada fue la proporción de hidrogeles a utilizar. A partir de los resultados obtenidos en la etapa 1, se decidió utilizar los mismos niveles en esta variable, sólo que se plantaron las semillas en recipientes separados que

permitieran un mejor desarrollo. En todas las condiciones se sembraron cuarenta semillas certificadas de tomate, siguiendo su germinación y crecimiento durante cuarenta días. Respecto a las condiciones de la etapa 1, se disminuyó la cantidad de agua desionizada de modo que para todas las condiciones se realizó el riego con 50 mL y se fijó la frecuencia de riego en tres días.

La segunda variable fue el hinchamiento de los hidrogeles previo a su mezclado con la tierra. Pero en esta segunda etapa, se utilizó agua desionizada y se aumentó la cantidad de agua y el tiempo de hinchamiento, de forma que los hidrogeles se colocaron a una proporción de 0,1 g en 100 mL de agua durante 24 h.

En la segunda etapa se estudió una condición experimental donde el hidrogel fue hinchado en una solución de 19 g de fertilizante (de tipo N/P/K, 15/15/15) disuelto en 1 L de agua desionizada.

Como patrones de comparación (testigos) se estudiaron dos condiciones en las cuales no se utilizó hidrogeles. En una de ellas se empleó el suelo de Araya mezclado previamente con abono orgánico en una proporción 50/50, y en la otra, se sembraron las semillas en el suelo de Araya sin tratar. Esta segunda etapa comprendió, entonces, 7 condiciones que se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Condiciones empleadas en la siembra de semillas de tomate con hidrogeles (HG) para la Etapa 2.

Nº	Condición	Observación	% de HG
1	HG previamente hinchados		0,5
2	HG previamente hinchados		1
3	HG secos		0,5
4	HG secos		1
5	HG previamente hinchados	En solución con fertilizante	1
6	Suelo con abono	Sin hidrogeles	0
7	Solo suelo	Sin hidrogeles	0

\*El intervalo de riego se fijó en 3 días.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El espectro infrarrojo del hidrogel comercial, arroja bandas características de la amida (véase la Figura 2), de lo cual se deduce que este es uno de los grupos hidrófilos principales del hidrogel comercial, ya sea provenientes de la cadena principal (poliacrilamida) o de uno de los agentes entrecruzantes que más se utiliza en la síntesis de los hidrogeles: N,N'-metilenbisacrilamida).

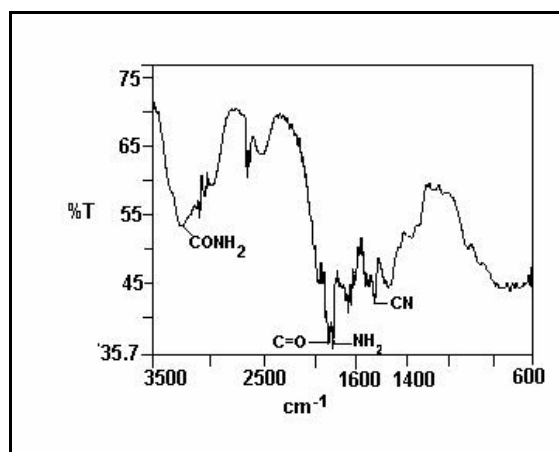


Figura 2. Espectro Infrarrojo del hidrogel comercial utilizado.

#### Etapa 1:

En las condiciones donde se aplicó el riego cada 15 días, no se logró la germinación de ninguna semilla (véase las condiciones 2, 4, 6, 8 y 10 de la Tabla 3), de lo cual se evidenció que el estrés hídrico generado por este largo tiempo de sequía no pudo ser amortiguado por la presencia de los hidrogeles (ni secos ni hinchados previamente). De manera que sólo sobrevivieron las semillas cuyo tiempo de riego fue de tres días.

De los resultados presentados en la Tabla 3 puede apreciarse que la condición donde germinó el mayor número de semillas, fue la condición 5 que corresponde a la mayor concentración de hidrogeles en el suelo, y en forma seca. Estos resultados previos demostraron que la efectividad de los hidrogeles está influenciada por la cantidad de los mismos utilizada en el sustrato circundante, ya que la utilización de una mayor cantidad de hidrogeles en la tierra favoreció la germinación de un mayor número de plantas, hasta en un 100% más, que cuando se usó la menor proporción, tal como puede observarse en la Tabla 3 si se comparan las condiciones 5 y 7.

Además, la efectividad de añadir una proporción mayor de HG fue más evidente al transcurrir el tiempo (compárese la cantidad de plántulas que sobreviven a los 34 días). La misma tendencia se observó para la condición 3 respecto a la condición 1 donde la proporción de HG utilizada fue menor. Estos resultados evidencian que al utilizar una mayor cantidad de hidrogeles estos pueden absorber más cantidad de agua durante el riego, que pueden liberar a medida que el suelo se seca alrededor del polímero, constituyendo una reserva de agua que le permitió a la semilla, y posteriormente a la plántula, aprovechar mejor el agua de riego.

Por otro lado, el hecho de hinchar previamente los hidrogeles solvatándolos en agua antes de la siembra afectó negativamente el proceso de germinación, disminuyendo el número de plantas que germinaron en un 40% (compárese la condición 1 y la condición 5 en la Tabla 3). Estos resultados deben estar relacionados con el mayor tamaño de partícula de los HG, que puede obstaculizar el crecimiento de las raíces de las plantas. No obstante, la altura promedio alcanzada por las plántulas no se vio afectada por esta variable, tal como se puede apreciar en la Tabla 4.

Tabla 3. Número de semillas de tomate que germinaron y crecieron de acuerdo a las condiciones descritas en la Tabla 1.

N°	8 días de siembra	23 días de siembra	34 días de siembra
1	28	24	23
2	0	0	0
3	21	14	11
4	0	0	0
5	40	40	38
6	0	0	0
7	30	20	16
8	0	0	0
9	13	3	0
10	0	0	0

En las Tablas 3 y 4 se puede apreciar más claramente como la condición donde se usó la mayor proporción de hidrogeles en la tierra (condición 5), los cuales no fueron previamente hinchados, fue donde germinó el 80% de las semillas sembradas, las cuales se mantuvieron creciendo después de 30 días de sembradas.

Este crecimiento no ocurrió en ausencia de los hidrogeles ya que la condición 9 se refiere a la siembra de las semillas de tomate sólo en la tierra y puede apreciarse como a los treinta días murieron las plántulas de esta condición.

Tabla 4. Altura promedio,  $H_p$ , de las plántulas sembradas de acuerdo a las condiciones descritas en la Tabla 1.

N°	$H_p$ a 8 días de siembra (cm)	$H_p$ a 23 días de siembra (cm)	$H_p$ a 34 días de siembra (cm)
1	1,79	3,1	3,7
2	0	0	0
3	1,32	2,3	2,9
4	0	0	0
5	1,97	3,2	3,6
6	0	0	0
7	1,71	2,6	3,2
8	0	0	0
9	1,18	2,3	0
10	0	0	0



Figura 3. Semillas de tomate germinadas para distintas proporciones de hidrogel/suelo de Araya, Etapa 1: (División central) condición 5 donde se aplicó una mayor cantidad de HG, (División derecha) corresponde a la condición 9 sin HG y (División izquierda) es la condición 3 donde se utilizó la menor cantidad de HG.

Finalmente, para esta primera etapa experimental hay que resaltar que aunque se comprobó un efecto positivo de los HG en la germinación, las plántulas presentaron tamaño y forma de la hoja, similares a las de plantas de pocas semanas y en ningún caso alcanzaron la madurez sexual (véase las plantas de la Figura 3).

Etapa 2:

En las Figuras 4 y 5 se puede observar el montaje experimental de la Etapa 2, donde las semillas fueron sembradas en recipientes separados, tal como se describió anteriormente, se colocaron 3 semillas por recipiente (véase la Figura 5), constituyendo un total de 14 de ellos para cada condición.

A los 7 días de siembra, la Figura 6 ilustra la cantidad de semillas que germinaron para diferentes concentraciones de hidrogeles en el suelo de Araya.



Figura 4. Montaje experimental de la Etapa 2.



Figura 5. Recipientes del montaje experimental de la Etapa 2.

En la Figura 6 se evidencia que el aumento de la concentración de hidrogeles en la tierra favorece la germinación de un mayor número de semillas. Estos resultados demuestran que una mayor cantidad del hidrogel se constituye en una mayor reserva de agua debido a las interacciones que pueden establecerse entre los grupos hidrófilos del hidrogel y el agua, lo cual aumenta la retención de la misma en el suelo.

En la Figura 7 se presenta la germinación de las semillas de tomate en función del tiempo para las condiciones donde se encontraba el suelo de Araya con hidrogel y sin la presencia de este. En ella se aprecia una diferencia notable en la cantidad de semillas que germinaron en el suelo donde estaba presente el hidrogel, en comparación a las semillas sembradas en el suelo de Araya en su estado natural donde solo el 10% de las semillas logró germinar, las cuales posteriormente, antes de los catorce días de sembradas, colapsaron, tal como se compara en las fotografías de las Figuras 8 y 9.

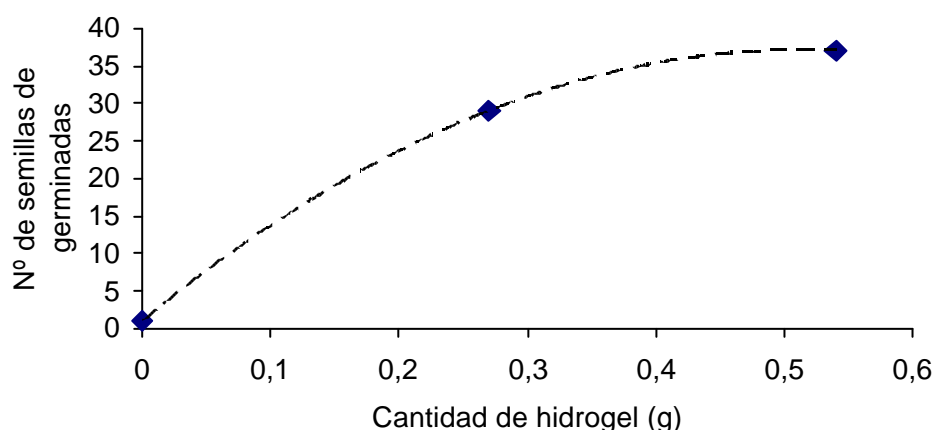


Figura 6. Semillas de tomate germinadas a los siete días para distintas proporciones de hidrogeles/suelo de Araya.



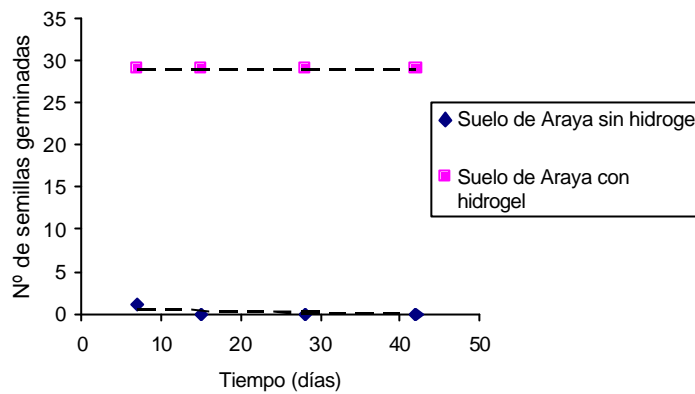


Figura 7. Germinación de las semillas de tomate en función del tiempo para la Etapa 2.



Figura 8. Plántulas de tomate a los 30 días de sembradas en el suelo de Araya con hidrogeles (Condición 4, Etapa 2).



Figura 9. Aspecto de las semillas sembradas en los suelos de Araya en ausencia de hidrogel (Condición 7, Etapa 2) a los catorce días.

Estos resultados evidenciaron que el suelo de Araya no tiene capacidad para retener la humedad que se le suministraba periódicamente, a diferencia de las condiciones donde estaba presente el hidrogel.

En la Figura 10 se presentan los resultados de la germinación de semillas de tomate a los quince días con hidrogeles previamente hinchados con agua y en una solución de fertilizante (Condición 5 de la Etapa 2). En ella se observa que la germinación fue menor cuando el hidrogel se encontraba hinchado previamente en la solución con fertilizante. Esto posiblemente se debe a que la absorción y retención de agua en los hidrogeles se ve afectada por las sales disueltas en el fertilizante, las cuales son retenidas en el interior del hidrogel ocasionando que la capacidad de absorción del mismo disminuya y por ende la germinación de las semillas.

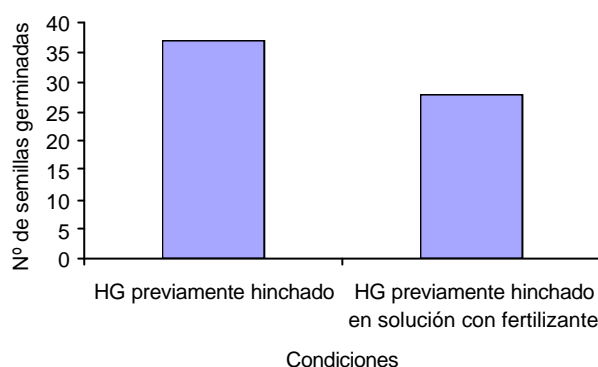


Figura 10. Germinación de semillas de tomate a los 15 días con hidrogeles previamente hinchado en agua y en fertilizante (Condición 5, Etapa 2).

En la Figura 11 se presenta la cantidad de semillas germinadas a los 15 días de sembradas para las condiciones donde estaba el hidrogel previamente hinchado y el suelo con abono sin hidrogel (Condición 6, Etapa 2), en ella se evidencia que al agregar 1% de los hidrogeles al suelo de Araya, casi se alcanzaron los mismos niveles de fertilidad que con el suelo abonado al 50%. Estos resultados reflejan que los hidrogeles por sus propiedades permiten que la planta y las semillas se desarrollen en ambiente sin estrés hídrico, en una forma análoga a cuando se tiene abono en el suelo.

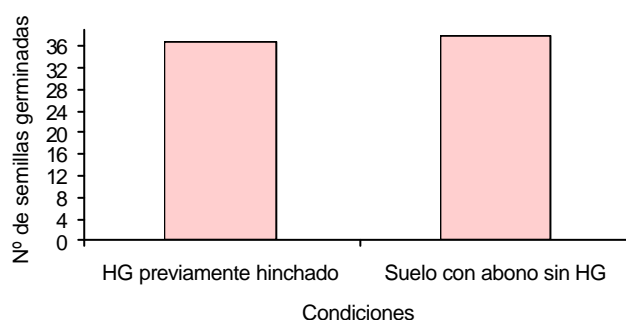


Figura 11. Germinación de semillas de tomate a los 15 días en el suelo con hidrogel y en el suelo con abono pero sin hidrogel (Condición 7, Etapa 2).

## CONCLUSIONES

La presencia de los hidrogeles favoreció la germinación de las plantas de tomate en comparación con el suelo de Araya en estado natural. Estos resultados permiten decir que, en principio, la presencia de los polímeros y su capacidad de absorber y retener agua tienen un efecto positivo sobre la germinación y el crecimiento de plantas en este tipo de suelos.

**Agradecimientos.** Los autores agradecen al Consejo de Investigación de la UDO por el financiamiento de parte de este trabajo a través del Proyecto CI-5-1902-0955/00 y al Prof. Dr. Issa Katime Amashta (Universidad del País Vasco, España) por su motivación y orientación en el uso de los polímeros hidrogeles.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Kazanskii, K. y Dubroskii, S. "Chemistry and physics of agricultural hidrogels", *Adv. Sci. Polym.*, **104**, 99 (1991)
2. López, P.; Gisbert, J.; Gómez, L. y Oliveira, C. "Efecto de dosis de ácido polimaleico en la estabilidad estructural de suelos salinos", *Edafología*, **5**, 11, (1998)
3. Prin, J.; Rojas, B.; Cequea, H. Y Cumana, J. "Germinación de semillas extraídas de guayacán (Península de Araya, estado Sucre) mezclado con hidrogeles". LI Convención Anual de Asovac, 2001.
4. Katime, I.; Katime, O. y Katime, D. "Los materiales inteligentes de este Milenio: Los Hidrogeles inteligentes", Editorial de la Universidad del País Vasco, Bilbao 2004
5. Katime, I., *Rev. Iberoam. Polímeros*, 3, 10 (2000).