

# **HidroGel como medio sustentante y nutritivo en el cultivo de espinaca**

Elan González Álvarez, Jaime Rodas Martínez, Ricardo Abreu Pederzini, Ana María Merino Díaz

*Asesor: Ing. Jalil Saab Hassanille del IBT UNAM, Cuernavaca*

**Resumen.** La hidroponia se refiere al crecimiento de plantas en agua, sin tierra alguna. Se propuso el uso del hidrogel solamente como un posible medio sustentante y de cultivo adecuado para las plantas. Para comprobarlo se eligieron semillas de espinaca por su rápido crecimiento y maduración. En la primera fase experimental se observó si las plantas ya desarrolladas de espinaca podrían seguir viviendo en hidrogel con solución nutritiva: en la segunda parte se investigó la posibilidad de que las semillas de espinaca germinaran en menor tiempo en hidrogel que en tierra u otros medios hidroponicos convencionales, tales como la vermiculita, plásticos, etc. Los resultados fueron negativos en ambas partes experimentales: en la primera las plantas murieron al cabo de cinco días; en la segunda parte las semillas no germinaron después de dos semanas y media, por lo que la premisa de que el hidrogel sea adecuado como medio sustentante y nutritivo para las plantas ha sido rechazada.

## 1. Introducción

La hidroponía es una técnica de cultivo la cual permite el desarrollo de plantas sin requerir del suelo o tierra ya que es sustituida por un medio sustentante, el cual afianza a la planta mientras que las raíces se colocan dentro de una solución nutritiva, dejándola absorber los minerales necesarios para su crecimiento.

## 2. Antecedentes

Las plantas se nutren de minerales. Esto lo realizan por medio de la absorción de iones por medio de las raíces. Las raíces de las plantas absorben selectivamente cationes cediendo a cambio iones hidrógeno. Los aniones son absorbidos directamente sin intercambio alguno de iones. Las células de las raíces vivas y no lesionadas pueden considerarse como agentes activos en los procesos de absorción, ya que absorben los iones de soluciones diluidas y almacenarlas en la savia o en otras fases líquidas de la célula en concentraciones a menudo mucho más elevadas que las que se encuentran en la solución externa. Éste proceso de obtención y almacenamiento de iones bajo dichas condiciones es contraria a las tendencias de presión osmótica del suelo y de las soluciones de savia, ya que el proceso de intercambio de iones sería en dirección inversa. Para poder realizar este intercambio peculiar de iones se requiere de energía metabólica, o suministrada por la planta misma. Ésta energía es suministrada entonces por la planta por medio de los procesos oxidativos de la respiración aerobia. El transporte de iones desde las raíces a las hojas también requiere de energía metabólica. Cualquier sustancia tóxica que interfiera con la respiración de la raíz reducirá la capacidad de absorción de iones.<sup>1</sup>

Diversas técnicas se han empleado en el estudio y desarrollo de cultivos hidropónicos. Se han empleado vermiculita, arena de mar, tezontle y pedacera de plásticos densos como medios sustentantes para las plantas en cultivos hidropónicos, los cuales han funcionado. Las plantas requieren de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno que son adquiridos a partir del bióxido de carbono atmosférico y del agua mediante el proceso de fotosíntesis. Pero el nitrógeno, así como el azufre, calcio, fósforo, magnesio, potasio, y otros oligoelementos (pequeñas cantidades de hierro, boro, manganeso, zinc, cobre y molibdeno) los encuentran las raíces en el suelo. Para los cultivos hidropónicos se utiliza un "caldo nutritivo" que consiste en una solución acuosa con las sales adecuadas como son nitratos, sulfatos y fosfatos<sup>ii</sup>. Sin embargo, no se ha experimentado con alguna propuesta que pueda cumplir con ambas funciones (de medio sustentante y de caldo nutritivo) al mismo tiempo. Se propuso entonces el uso de hidrogel, el cual podría absorber en un principio la solución nutritiva y liberarla lentamente durante varios días, además de que la propia consistencia gelatinosa fungiría como el medio sustentante para la planta.

## 3. Hipótesis y objetivos

La hipótesis de nuestro proyecto es la siguiente:

*El hidrogel en los cultivos hidropónicos funciona como medio sustentante y como medio nutritivo para las plantas.*

Trabajaremos con espinacas, pues son plantas que no demandan cuidados extensivos en su crecimiento y son de germinación y maduración rápidos.

Nuestros objetivos son los siguientes:

1. Observar las diferencias en el crecimiento y desarrollo de espinacas de acuerdo a la solución empleada.
2. Comprobar que los tiempos de germinación y de maduración de las semillas de espinaca son de igual o menor duración cuando son plantadas en hidrogel que en tierra.

#### 4. Metodología

##### 4.1 Materiales

- Ocho macetas de plástico.
- 1 matraz de 1 litro de capacidad
- Sales químicas (Figura 1)
- Balanza analítica digital (Figura 3)
- Hojas de papel para muestras químicas
- Seis espátulas
- Ocho contenedores de plástico de capacidad de 1 litro (pueden emplearse botellas de plástico de agua purificada).

Figura 1

Sales
$\text{KNO}_3$
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$
$\text{MgSO}_4$
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
$\text{KH}_2\text{PO}_4$

Las macetas de plástico deben de ser pequeñas, de 15 cm de largo por 10 de ancho, tal y como se muestra en la figura 2.

Figura 2



#### 4.2 Preparación de las soluciones nutritivas

Las soluciones nutritivas que fueron empleadas en este experimento fueron sintetizadas en el laboratorio de acuerdo a la siguiente tabla que establece las concentraciones de cada uno de los compuestos químicos necesarios<sup>iii</sup>:

(max. 2g/L)  
Soluciones

Sales	Soln. Hoagland	Soln. Knopp-Sachs	Soln. Withrow	Ing. Jalil Saab
$KNO_3$	0.61	0.20	0.66	0.60
$NH_4H_2PO_4$	0.12			0.40
$MgSO_4$	0.49	0.20	0.52	0.25
$Ca(NO_3)_2$	0.95	0.80	0.72	0.30
$(NH_4)_2SO_4$			0.07	0.15
$KH_2PO_4$		0.20		

Se preparó 1 litro de solución por cada una de las formulaciones anteriores. Para esto se empleó papel analítico y una balanza analítica digital en el laboratorio, como la que se muestra a continuación:

Figura 3



Los compuestos químicos a partir de los cuales se hicieron las mezclas fueron los que se enlistan arriba, a excepción del  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , el cual fue sustituido por  $\text{CaCO}_3$  Y el  $\text{MgSO}_4$ , del cual se empleó una muestra heptahidratada, la cual asumimos que no afectaría el curso del experimento.

Se pesaron primero los papeles analíticos en la balanza para poder después colocar las sales sólidas en ellos y pesarlos nuevamente, de esta manera se resta el peso del papel analítico del peso del papel con la sal en cuestión para obtener la medida correcta. Las sales se disolvieron en un matraz de con capacidad de un litro, lleno previamente con agua destilada, con la finalidad de reducir la concentración de otros posibles minerales en la solución. Se procedió a colocar las soluciones preparadas en botes de plástico de 1 litro de capacidad, previamente lavados para almacenarlas.

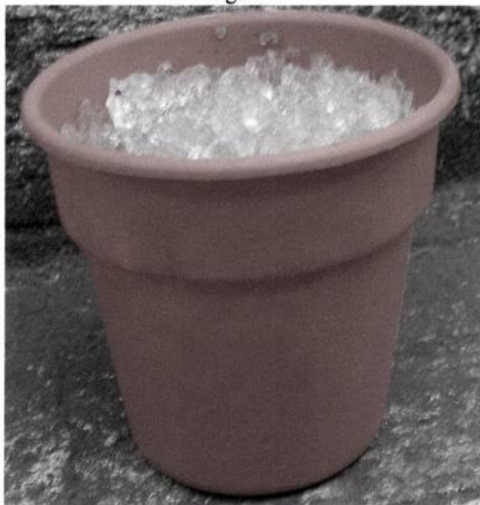
#### 4.3 Maduración de espinacas previamente crecidas en tierra

Para la experimentación se emplearon semillas de planta de espinaca *Monstreux de viroflay*, que como se ha mencionado antes, son de rápido crecimiento.

La primera parte de la parte experimental fue aquella de observar si las plantas ya crecidas de espinaca podrían continuar viviendo y creciendo en un sistema hidropónico. Para esto las semillas se plantaron en tierra, dejando de 8 a 15 centímetros entre cada semilla. Se plantaron un total de ocho semillas de espinaca, las cuales fueron cuidadas para que crecieran en un plazo de cerca de cuatro semanas. Una vez que alcanzaron un tamaño aceptable (cuatro semanas de maduración) para ser trasplantadas, se prepararon las macetas. Se emplearon ocho macetas para albergar a las ocho plantas de espinaca, dos plantas de espinaca por cada solución empleada. Las soluciones se añadieron a cada una de

las macetas, y después se llenaron con granulos de hidrogel para que absorbieran las soluciones como en la figura 4.

Figura 4



Al cabo de media hora los gránulos de hidrogel habían absorbido totalmente cada una de las soluciones nutritivas, por lo que trasplantamos cada una de las plantas de espinaca, acomodando las raíces dentro de los gránulos de gel. Añadimos cerca de 250 ml de agua a cada maceta después de haber trasplantado cada una de las espinacas y las dejamos en un lugar seco, con luz y sombra suficientes. Se sometieron a observación después de realizado esto.

#### *4.4 Plantacion de semillas*

La segunda parte consistió en observar el tiempo de germinación de las semillas de espinaca plantadas en hidrogel. Para esto se dispusieron cuatro contenedores de plástico con capacidad de 1 litro (de preferencia botellas de agua vacías). Se agregaron 200 ml con cada solución por contenedor, de tal manera que se tuvieran cuatro contenedores con las cuatro soluciones diferentes, una en cada contenedor. Se agregaron 25 a 30 gránulos de hidrogel, dejándolos absorber las soluciones por media hora. Una vez absorbidas las soluciones se colocaron una semilla por contenedor, de uno a dos centímetros de profundidad de la parte externa del hidrogel.

### **5. Resultados**

Las plantas crecidas en tierra despues de cuatro semanas de maduracion fueron trasplantadas a las macetas con las soluciones en hidrogel y se sometieron a observación. Se les agregó agua con la finalidad de que no se deshidrataran a causa del calor excesivo del medio ambiente. Al cabo de cinco días después de haberlas trasplantado estaban

muertas. La consistencia de las hojas de espinaca era parecida al cartón. Observamos que las raíces de las plantas se encontraban seriamente dañadas estructuralmente. El nivel del hidrogel, el cual inicialmente era de aproximadamente de 5 cm de espesor, descendió a un centímetro al cabo de los cinco días (Figuras 6 y 7):

Figura 6



Los ocho cultivos empleados en el experimento muestran a las plantas de espinaca muertas.

Figura 7



Cultivo con la solución Saab: tampoco lograron sobrevivir.

Las semillas plantadas en tierra sobrepasaron el tiempo normal de germinación de las plantas de espinaca (el cual va de los ocho a los doce días)<sup>iv</sup>. Pasaron dos semanas y media y las semillas no germinaron. En la primera muestra notamos la formación de un recubrimiento verdoso en la superficie de las semillas, lo cual creemos que se puede tratar de algún tipo de bacteria u hongo, el cual pudo haberse desarrollado por la humedad del medio hidropónico. El experimento se repitió, y la segunda muestra reveló resultados similares a los de la primera. A las semillas se les ha procurado agua, la cual es absorbida por el hidrogel, pero no se notaron cambios mayores en su estructura, lo cual no arroja indicios de que hayan sido capaces de germinar.

## **6. Discusión**

### *6.1 Maduración de espinacas previamente crecidas en tierra*

Las Figuras 6 y 7 demuestran que las plantas murieron por pérdida de agua y por exceso de sales alrededor de las raíces, lo cual resultó tóxico para el desarrollo de las mismas. Esto se debe al hecho de que cuando la planta asimila un nutriente específico de una molécula de sal química (como las presentadas en la Figura 1), solamente está tomando esa parte de la molécula entera (la del nutriente). Por lo tanto el resto de la molécula queda remanente en el medio hidropónico, pudiendo llegar a niveles tan concentrados que se torna tóxico para la planta<sup>v</sup>. La pérdida excesiva de agua por parte del hidrogel repercutió en una acumulación de sales químicas en el medio hidropónico, matando en pocos días por intoxicación las espinacas. Otro factor a considerar es que la temperatura ideal para el crecimiento de plantas es 25 C (78 F). El calor de esos días pudo haber contribuido a la rápida evaporación de agua de la solución nutritiva, incrementando el nivel de sales en el medio hidropónico.

### *6.2 Plantación de semillas*

Las semillas no germinaron por la falta de oxígeno en el medio hidropónico. Cuando las plantas ya están crecidas las hojas se encargan de absorber bióxido de carbono del ambiente para sintetizar oxígeno por el proceso que comúnmente conocemos como fotosíntesis. Sin embargo las semillas requieren de oxígeno para su germinación ya que no cuentan con tallos ni hojas. El hidrogel, al haber absorbido las soluciones nutritivas, no permitió la entrada de oxígeno a la semilla en cuestión, aplazando el tiempo de germinación indefinidamente.

El hidrogel fue elaborado para emplearse en cultivos hidropónicos con tierra<sup>vi</sup>. La tierra permite una entrada significativa de oxígeno a las raíces de la planta, lo cual permite que se siga desarrollando. Por ejemplo, se sugiere que los cultivos hidropónicos cuenten con suficiente ventilación tanto en las hojas como en las raíces como sea posible para asegurar que las plantas no mueran por ahogo<sup>vii</sup>. El hidrogel empleado en tierra da buenos resultados ya que suelta agua cuando es necesario y, al encontrarse repartido en la tierra, no obstruye la oxigenación de las raíces de las plantas, permitiendo su crecimiento óptimo, pero no es efectivo empleado sin tierra.

## 7. Conclusión

El HidroGel no es un método viable para germinar semillas de plantas.

## 8. Ammendum

Para contar con un mayor control del experimento (en lo que se refiere a la regulación de la concentración de sales en el medio hidropónico) se pudo haber empleado pruebas de conductividad. Las siguientes medidas de conductividad son las óptimas para la fase de germinación de las plantas de espinaca:

Medidas de conductividad EC para espinacas<sup>viii</sup>

1400 -1600 mMho/cm

980 -1120 ppm

Para esto se necesita efectuar una potenciometría, una herramienta de química analítica empleada para determinar la concentración de sales en una solución de acuerdo a la conductividad de dicha solución<sup>ix</sup>, basada en la ecuación de Nernst:

$$\varepsilon = \varepsilon^{\circ} - \frac{0.059}{n} \log \frac{[\text{Fe}^{2+}]}{[\text{Fe}^{3+}]}$$

Empero no pudimos incluir esto último a nuestro proyecto por falta de información, pero tenemos la certeza de que al mencionar esta técnica, podremos ayudar a otro trabajo posterior en hidroponía a que sea exitoso.

<sup>i</sup> Mertz, Edwin T. (1971). *Elementary Biochemistry*. Burgess Publishing Company. Minneapolis, Minnesota. PP. 139-142.

<sup>ii</sup> Los Cultivos Hidropónicos: una tecnología intermedia". Ing. Jalil Saab Hassanile. E-mail personal, recibido el 3 de febrero del 2005.

<sup>iii</sup> Guzman Diaz, Guillermo. (2004). *Hidroponía en Casa: Una Actividad Familiar*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Sistema Unificado de Información Institucional. San José, Costa Rica. MAG 2004. PP. 13-14. La columna rotulada con "Solución Ing. Jalil Saab" fue sugerida por el Ing. Jalil Saab Hassanile del IBT UNAM Cuernavaca.

<sup>iv</sup> Tabla de crecimiento de semillas de espinaca en tierra según impresión en el sobre de espinacas de la compañía Mexicana Industrial de Insumos Agropecuarios SA de CV.

<sup>v</sup> Hydroponics Online. Guía de crecimientos hidropónicos de la red (sin autor especificado) accesada el viernes 21 de mayo del 2005. <<http://www.hydroponicsonline.com/lessons/Nutrient-Requirements/lesson5-3nutrient-requirements.htm>>

<sup>vi</sup> Instructivo de uso: Soil Moist Granules. JRM Chemical Inc. 1999.

<sup>vii</sup> Guzman Diaz, Guillermo. (2004). *Hidroponía en Casa: Una Actividad Familiar*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Sistema Unificado de Información Institucional. San José, Costa Rica. MAG 2004. P. 5.

---

<sup>viii</sup> Hydroponics Online. Guia de crecimientos hidroponicos de la red (sin autor especificado) accesada el viernes 21 de mayo del 2005. < <http://www.hydroponiconline.com/lessons/Nutrient-Requirements/lesson5-3nutrient-requirements.htm>>

<sup>ix</sup> Skoog, West, Holler, Crouch. (2000). Analytical Chemistry: An Introduc