

ABC DE LA HIDROPONIA

Ing. Agr. José Luis Castañares

Agencia de Extensión Luján – Luján , Buenos Aires, Argentina.

Mail: castanares.jose@inta.gob.ar

1. ¿Qué es la Hidroponia?

La hidroponía es una técnica de cultivo en la que no se utiliza suelo, y los nutrientes que necesita la planta para crecer son provistos a través del agua.

Algunas ventajas de la hidroponia

- Reducción del requerimiento de espacio
- Higiene de los cultivos
- Comodidad del trabajador
- Optimización del uso del agua
- Producción en lugares donde no hay tierra o es de mala calidad
- Producción en climas variados

Algunas limitaciones de la hidroponia

- Necesidad de inversión inicial
- Mayor necesidad de especialización
- Dependencia energética
- Requerimiento de agua de buena calidad

1. Sistemas hidropónicos

A continuación describiremos los tres sistemas hidropónicos más comunes.

1. Sistema “Raíz flotante”

Las plantas, sostenidas por alguna estructura flotante (habitualmente placas de telgopor perforadas) se encuentran sobre la solución nutritiva con sus raíces inmersas en esta última (Fig 1). Este tipo de sistema se adapta para hortalizas de hoja.



Figura 1: Esquema de un sistema de raíz flotante

El contenedor que aloja la solución nutritiva debe ser opaco para impedir la entrada de luz, ya que de lo contrario prosperarían algas en el interior. Asimismo, y por el mismo motivo, debe evitarse que queden áreas sin cubrir en la superficie de la solución.

Es preciso garantizar la remoción de la solución nutritiva para permitir la entrada de oxígeno, la uniformidad en la concentración de nutrientes y controlar la temperatura. Esto se logra con bombas de agua y/o de aire. También, en sistemas de pequeña escala o caseros, la removilización puede hacerse manualmente.



Figura 2: Cultivo de lechuga en raíz flotante

II. Sistema NFT

El nombre de este sistema proviene del inglés “Nutrient Film Technique” (Técnica de la lámina nutritiva). Una delgada lámina de solución nutritiva (de 0,5 a 1,0 cm) circula por un caño con perforaciones en su parte superior, en las cuales se insertan las plantas (Fig 3).

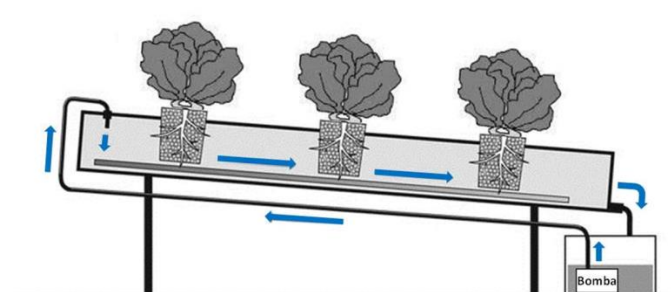


Figura 3. Esquema de un sistema NFT

Como puede verse en la figura anterior, el movimiento de la solución nutritiva dentro de los caños, y hacia el tanque de fertilización, se produce por gravedad, gracias a la inclinación estos (4-5 %). Una bomba movilizará la solución nutritiva desde el tanque hasta el inicio de los caños.

Existen diferentes formas (circulares, rectangulares, hexagonales, etc.), materiales de los caños (PVC, polipropileno, etc.) y formas de ubicar los caños (uno o más niveles) (Fig. 4). Resulta importante que no permitan el pasaje de luz al interior y que sean de colores claros en el exterior, a fin de reducir el calentamiento de la solución.

La circulación de la solución no es constante sino que se establecen intervalos de funcionamiento y de parada de la bomba mediante un temporizador (por ejemplo, 15 minutos de funcionamiento y 15 a 30 minutos de parada durante el día y 15 minutos cada 2 a 3 horas durante la noche). El caudal de circulación no debe ser excesivo a fin de evitar el arrastre de las plantas por la solución y permitir la absorción por parte de las raíces. Se recomienda un caudal de 1 a 2 litros/minuto.

Al igual que en el sistema de raíz flotante, la técnica NFT se utiliza para especies de hoja.





Figura 4. Cultivo de NFT de lechuga en un solo nivel y con caños rectangulares (A y B) y cilíndricos (C), y en varios niveles con caños cilíndricos (D)

III. Cultivo en sustrato

El término “sustrato” se usa para definir cualquier material, de origen natural o sintético, que reemplaza al suelo y cumplen una función de sostén de la planta. El sustrato puede ser fuente de algún nutriente (generalmente sustratos orgánicos como compost, turba, etc.) o no (ej. perlita, espumas agrícolas, lana de roca, etc.). En el primer caso se habla de “cultivo sin suelo”, mientras que en el segundo caso es “hidroponía”, ya que el 100% de los nutrientes son aportados por la solución nutritiva.

El aporte de la solución nutritiva se realiza con el riego, el cual generalmente es por goteo, aunque en sistemas caseros puede aplicarse con una regadera. El exceso de solución puede recolectarse, pudiendo ser re utilizado (Fig. 5). Se recomienda una vez por semana regar únicamente con agua, a fin de lavar el sustrato reduciendo la acumulación excesiva de sales.



Figura 5: Esquema de un cultivo en sustrato

La técnica de cultivo en sustrato se utiliza para especies de fruto como frutilla, tomate, pimiento, entre otros.

Algunas de las características del sustrato ideal son:

- Fácil obtención
- Bajo costo
- Buena retención del agua
- Buena oxigenación
- Libre de contaminantes y patógenos
- Alta vida útil

Es común trabajar con mezclas, combinando propiedades de más de un sustrato.

A continuación (Tabla 1) se resumen las principales características de los sustratos más utilizados para hidroponía y cultivo sin suelo.

Tabla 1: Resumen de las características de algunos los sustratos más comunes en hidroponía y cultivo sin suelo

SUSTRATO	ORIGEN	CARACTERÍSTICAS	USO
Perlita	Se forma a partir de roca volcánica expandida a muy alta temperatura (1.000 a 1.200 °C)	Es un sustrato muy liviano. Aporta poros de mayor tamaño que contribuyen mejoran la aireación. La capacidad de retención de agua es limitada	Puede utilizarse sola o en mezclas en proporción de 40 a 50%
Lana de roca	Compuesto por una mezcla de rocas calentadas a 1.600 °C que forman unas fibras muy delgadas, que luego son prensadas	Al igual que la perlita, mejora la aireación fundamentalmente	Su uso más frecuente es como sostén de las plantas en los sistemas hidropónicos, en reemplazo de la

			goma espuma.
Arena de río	Son arenas cuya granulometría oscila entre 0,5 y 2,0 mm, obtenidas de los lechos de los ríos. Es necesaria la desinfección antes del uso	Se trata de un material algo heterogéneo que con una buena capacidad de retención de agua. Su principal desventaja es el peso relativamente elevado.	Se utiliza en mezclas a razón de 30 a 40 %
Turba	Formada por restos vegetales en proceso de fosilización, obtenidos de turberas	Mejoran la capacidad de retención de agua. Presentan gran variabilidad y tienden a ser ácidas. Se degradan con facilidad	Se usa en mezclas en proporción de 30 a 40 %
Cáscara de arroz	Proviene de la industria del arroz. Es conveniente la desinfección antes de su uso	Mejora la capacidad de aireación de la mezcla pero su capacidad de retención de agua es baja	En mezclas en proporción de 10 a 20 %
Corteza de pino	Proviene de la industria maderera	La capacidad de retención de agua es baja pero su la aireación es elevada. Suelen ser materiales heterogéneos y se degradan. Es ligeramente ácida.	Se usa en mezclas en proporciones de 10 a 20 %
Vermiculita	Es un mineral natural del grupo de las micas. Se extrae de minas y luego se procesa con la exposición a alta temperatura (800 °C) para eliminar impurezas	Por el menor tamaño de poros tiene una elevada capacidad de retención de agua.	Se emplea sola o en mezclas en proporción de 40 a 50%
Espuma fenólica	Es un sustrato inorgánico obtenido a partir de resina fenólica	Presenta un buen equilibrio entre capacidad de aireación y retención hídrica	Es empleada para la producción de los plantines, a partir de placas con divisiones y perforaciones

Por último diremos que existen diferentes alternativas para contener al sustrato: macetas, mangas, canaletas, entre otros (Fig. 6).



Figura 6. Cultivo en sustratos contenido en sacos (A), canaletas (B) y macetas (C)

2. Etapas del cultivo hidropónico

En especies de hoja, cultivadas en sistemas tipo raíz flotante o NFT, suele dividirse el ciclo del cultivo en tres etapas:

i. Siembra – transplante

La duración es de 15 a 28 días en lechuga y de 8 a 10 días en rúcula y albahaca. Es recomendable que la siembra se realice en espumas fenólicas (Fig. 7 A y B) o *plugs* rellenos con sustrato (Fig. 7 C y D), colocando una semilla por celda en caso de lechuga y otras especies de hoja mayor, mientras que en especies como rúcula, puerro y albahaca, se colocan de 5 a 7 semillas por celda, para formar el atado de plantas.

El trasplante se realiza cuando las plantas tienen de 3 a 4 hojas verdaderas.



Figura 7. Plantines en espuma fenólica (A, B) y plugs con sustrato (C, D)

ii. Primera etapa o fase 1

En lechuga puede durar entre 21 y 28 días, dependiendo de la época del año. Hay un menor distanciamiento entre plantas (10 a 15 cm) y en sistema NFT se usan caños de menor diámetro (60 mm aproximadamente). Cuando aumenta el tamaño de la planta (Fig. 8) debe trasplantarse a la siguiente etapa



Figura 8. Planta de lechuga lista para el trasplante a la siguiente etapa

iii. Segunda etapa o fase 2

La duración de esta etapa también puede variar entre 21 y 28 días, según la época del año. Se extiende entre el trasplante desde la fase anterior y la cosecha. Al tener un mayor tamaño de plantas debe aumentarse el distanciamiento de las mismas (25 cm en lechuga) y el diámetro de los caños en sistemas NFT (80 a 110 mm) (Fig. 9).



Figura 9. Plantas de lechuga de mayor tamaño en un sistema NFT

Esta variación de la distancia entre plantas de acuerdo a su tamaño permite optimizar el uso del espacio, aumentando el rendimiento por unidad de superficie.

En caso de especies de hoja de menor tamaño, como albahaca, rúcula, puerro, etc., se suele utilizar un único distanciamiento entre plantas (12 a 15 cm), sin realizar trasplantes durante el desarrollo del cultivo.

Lo anterior aplica también para especies cultivadas en sustrato, en donde se realiza trasplante de los plantines a la distancia definitiva (25 a 30 cm dependiendo de la especie).

3. Nutrición de las plantas

De los 94 elementos minerales presentes en la Tierra, 16 de ellos son indispensables para el normal desarrollo de las plantas. Se dice entonces que estos elementos son “esenciales”. Los mismos se muestran en la tabla siguiente (Tabla 2).

Tabla 2: Elementos esenciales y formas de absorción y concentración en plantas (Azcón-Bieto y Talón, 2008)

Elemento	Símbolo	Forma de absorción	Macro nutrientes
Hidrógeno	H	H ₂ O	
Carbono	C	CO ₂	
Oxígeno	O	O ₂ , H ₂ O	

Nitrógeno	N	NO_3^- , NH_4^+	
Potasio	K	K^+	
Calcio	Ca	Ca^{2+}	
Magnesio	Mg	Mg^{2+}	
Fósforo	P	H_2PO_4^- , HPO_4^{2-}	
Azufre	S	SO_4^{2-}	
Cloro	Cl	Cl^-	Micro nutrientes
Boro	B	H_2BO_3^-	
Hierro	Fe	Fe^{2+} , Fe^{3+}	
Manganeso	Mn	Mn^{2+}	
Cinc	Zn	Zn^{2+}	
Cobre	Cu	Cu^{2+}	
Níquel	Ni	Ni^{2+}	
Molibdeno	Mo	MoO_4^{2-}	

Con excepción del carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O), los elementos esenciales deben estar disueltos en el agua para poder ser absorbidos por las raíces, constituyendo la llamada “solución nutritiva”.

Nutrientes + Agua = Solución nutritiva

Cabe aclarar también que de acuerdo a las cantidades de nutrientes requerido por las plantas los mismos se clasifican en macro nutrientes (requeridos en mayor cantidad) y micro nutrientes (requeridos en menor proporción).

Explicar en detalle la metodología para la formulación de una solución nutritiva, atendiendo al tipo de cultivo y características del agua, haría que nos excediésemos más allá de los objetivos de la presente publicación. No obstante diremos que existen en el mercado algunas fórmulas nutritivas completas que cubren los requerimientos del cultivo. Asimismo los manuales de la FAO, disponibles online, detallan algunas fórmulas nutritivas generales y el modo de prepararlas¹.

Para concluir este apartado se esquematizan los síntomas de carencia de los diferentes elementos esenciales a fin de poder realizar las correcciones de la solución en caso de ser necesario (Fig. 10).

¹ Vease por ejemplo el manual “La huerta hidropónica popular”, disponible en: <http://www.fao.org/3/a-ah501s.pdf>

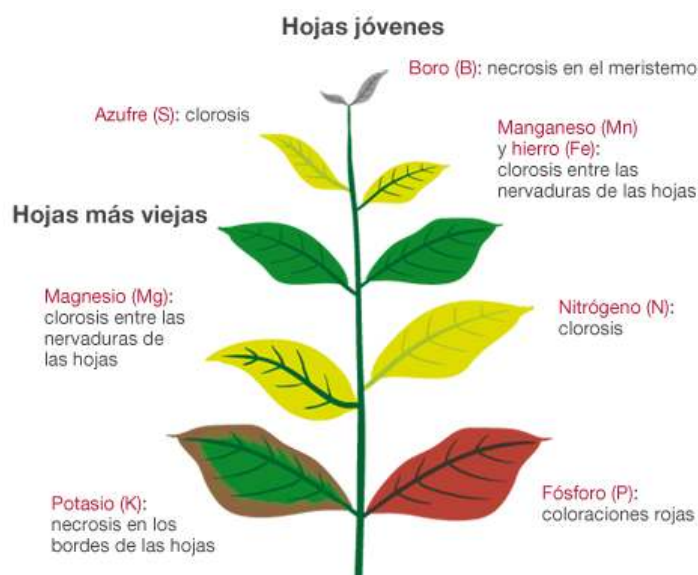


Figura 10. Esquematización de los síntomas de carencia de algunos elementos minerales (<http://agriculturers.com/una-nueva-aplicacion-movil-reconocer-los-sintomas-deficiencia-plantas/>)

4. Monitoreo de la solución nutritiva

En este último apartado detallaremos los principales cuidados y controles que deben realizarse en la solución nutritiva.

I. pH

Indica la acidez o alcalinidad de una solución. De acuerdo al mismo puede modificarse la forma química de los nutrientes y con ello afectarse su disponibilidad para las plantas. Esto queda ilustrado en el siguiente diagrama (Fig. 11).

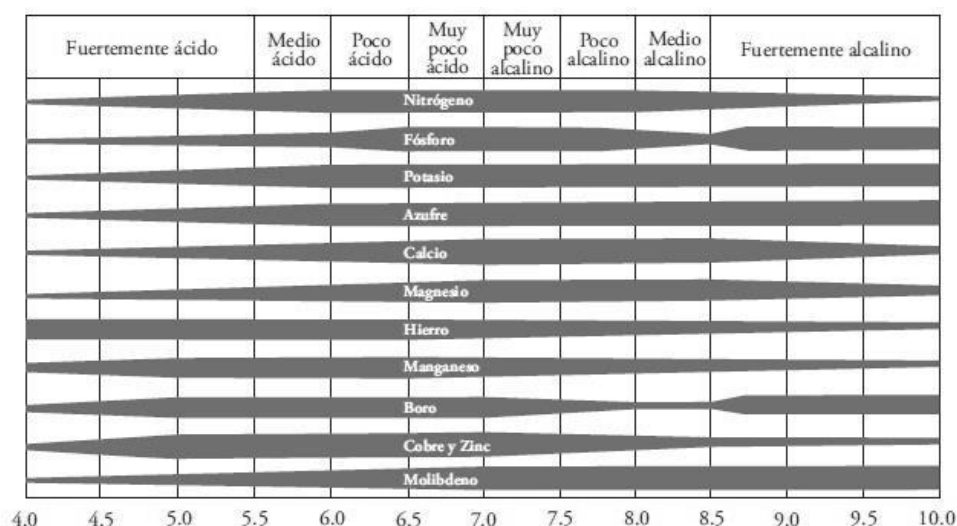


Figura 11: Disponibilidad de nutrientes de acuerdo al pH (Lambers et al., 2008)

Tal como puede verse en el diagrama anterior, la máxima disponibilidad de nutrientes se encuentra a pH de 5,5 y 7,0.

Deben realizarse mediciones a diario, para lo cual se emplea un dispositivo denominado peachímetro.

Debido a la alcalinidad propia del agua y a la reacción de los fertilizantes lo habitual es tener que reducir el pH. Esto que se consigue principalmente con la adición de ácido nítrico o fosfórico de uso agrícola. La corrección del pH no debe hacerse directamente en el tanque de nutrientes, sino que debe tomarse un volumen conocido de solución (1 a 2 litros), agregar lentamente el ácido con una jeringa y midiendo con el peachímetro hasta obtener el valor deseado. El volumen de ácido agregado se extrapolará al volumen del tanque.

II. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) es una medida de la concentración de las sales disueltas en el agua. Para su determinación se utiliza un conductímetro y las unidades de expresión pueden ser milisiemens/cm, decisiemens/m o microsiemens/cm (1 mS/cm = dS/m = 1000 μ S/cm). Otra forma de expresar la CE es en ppm (partes por millón), lo que estaría estimando la cantidad total de sólidos disueltos (TDS, del inglés "sólidos totales disueltos"). Ambas formas de expresar la conductividad se relacionan mediante la ecuación:

$$CE (\mu S/cm) = \frac{TDS (ppm)}{0,7}$$

En la tabla siguiente (Tabla 3) se indican los límites de CE para algunos cultivos hortícolas.

Tabla 3: Umbral de conductividad eléctrica (CE) sin comprometer el rendimiento de algunos cultivos hortícolas (Adaptado de Wallender y Tanji, 2011).

Especie	Umbral de CE (dS m ⁻¹)
Lechuga	1,3
Espinaca	2,0
Frutilla	1,0
Col	1,8
Tomate	2,5
Melón	2,5
Pimiento	1,5
Brócoli	2,8
Berenjena	1,1

Dado que la CE está relacionada con la concentración de nutrientes, valores muy bajos de este parámetro puede determinar un retraso o inhibición del crecimiento. Por otro lado, una CE que supere los umbrales indicados en la tabla anterior, puede generar problemas de toxicidad y competencia entre nutrientes.

Al igual que el pH, la CE deberá medirse a diario. El aumento de la misma se realizará con la adición de nutrientes a la solución, mientras que la reducción se realiza con el agregado de agua.

III. Temperatura

La temperatura de la solución tendrá un efecto en la disponibilidad de nutrientes, en el oxígeno disuelto y en la actividad radical. Como regla general, esta no debería ser marcadamente inferior a la temperatura ambiente (20-25 °C). En días cálidos, con una elevada transpiración, temperaturas muy bajas en la zona de las raíces pueden conducir a un estrés en las plantas. Al mismo tiempo las bajas temperaturas pueden producir la precipitación de muchas sales, impidiendo su absorción. Sumado a lo anterior, las bajas temperaturas pueden reducir el crecimiento de las plantas.

Por otro lado, temperaturas, muy elevadas pueden provocar un estrés térmico. Asimismo la solubilidad del oxígeno disminuye con el aumento de la temperatura lo que puede ocasionar una falta de oxígeno en las raíces (**Fig. 12**).



Figura 12: Raíces “amarronadas” con síntoma de falta de oxígeno

La circulación del agua, el entierro de los tanques de fertilización (en sistemas NFT) y el empleo de materiales con superficies claras son prácticas que permiten evitar el calentamiento excesivo de la solución.

IV. Oxigenación

El contenido de oxígeno de la solución nutritiva y en consecuencia afectará la actividad de las raíces, particularmente la absorción de agua y nutrientes. Como se indicó anteriormente, en sistemas de raíz flotante la oxigenación puede lograrse con

bombas aireadoras o centrífugas. En sistemas tipo NFT el movimiento de la solución en los caños, la caída de ésta al tanque y el retorno son suficientes para lograr la oxigenación

Referencias

Publicaciones

Abad, M., 1993. Sustratos. Características y propiedades. Cultiv. sin suelo. F. Cánovas y JR Díaz.(ed.). Inst. Estud. Almer. FIAPA 47–62.

Azcón-Bieto, J., Talón, M., 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. McGraw-Hill Interamericana de España, Madrid.

Beltrano, J., Gimenez, D.O., 2015. Cultivo en hidroponía. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP).

Benton Jones, J., 2014. Complete Guide for Growing Plants Hydroponically. CRC Press, New York.

Lambers, H., Chapin, F.S., Pons, T.L., 2008. Plant physiological ecology, Plant physiological ecology. Springer.

Wallender, W.W., Tanji, K.K., 2011. Agricultural salinity assessment and management. American Society of Civil Engineers, New York.

Páginas web

<http://www.lamolina.edu.pe/>

<http://agriculturers.com/una-nueva-aplicacion-movil-reconocer-los-sintomas-deficiencia-plantas/>