

**Universidad de Costa Rica  
Escuela de Agronomía  
Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno**

**Hidroponía: Sistemas de cultivo en agua**

**Freddy Soto Bravo**

San José, 2015

**Sistemas de cultivo en agua.**

La palabra *hidroponía* se deriva de los términos en latín *hidro* y *ponos*, que significan agua y trabajo, respectivamente. Así, su definición literal es “trabajo en agua”, siendo por definición, el auténtico cultivo hidropónico. En la modalidad raíz en agua el medio de cultivo es aguas más nutrientes minerales.

Algunos de los sistemas más utilizados en esta modalidad son los siguientes:

- Técnica de raíz flotante modificado (RFM): Las plantas están soportadas sobre una lámina de un material liviano como estereofón, cuyas raíces están sumergidas en solución nutritiva.
- Técnica de la película nutriente (NFT): Las plantas se alimentan de una delgada lámina de solución nutritiva que circula continuamente a través de las raíces, en el fondo del canal de cultivo.
- Aeroponía: Las raíces del cultivo están suspendidas en el aire, soportadas sobre una lámina de material rígido y son nutridas a través de un sistema de riego por nebulización.

En general, en la literatura son descritos como sistemas cerrados ya que la solución es recirculada desde un tanque o depósito a los contenedores y viceversa. No obstante,

existen los sistemas estáticos, o sea sin recirculación, tal es el caso del sistema en raíz flotante modificado, el cual se explicará más adelante.

Con un buen manejo de la solución nutritiva que asegure una adecuada concentración de oxígeno disuelto en el agua a disposición de las raíces, es factible producir cualquier cultivo en agua. Sin embargo, por razones de manejo del cultivo según su porte y peso, las hortalizas de hoja, como lechuga, apio, berros y algunas medicinales son las más frecuentemente cultivadas en este sistema. Además, estos cultivos tienen la capacidad de especializar sus raíces para aprovechar mejor el oxígeno disuelto en la solución nutritiva.

Las técnicas de cultivo en agua permiten obtener vegetales de excelente calidad e inocuos, libres de toda contaminación microbiológica, de residuos de agroquímicos, y del “parásito de la babosa” transmitido por los moluscos **Sarasinula plebeia** y **Limax sp.** Al ser productos muy limpios al momento de cosecha, hay un ahorro importante de mano de obra, y en la mayoría de los casos se comercializan con raíz como una forma de identificarlos como hidropónicos.

Comparado con el cultivo en sustrato sólido, los costos de producción son menores, ya que permite un uso muy eficiente del agua y nutrientes minerales, al ser sistemas cerrados o recirculantes. Además, no hay que preparar sustrato, con el consecuente ahorro energético que este conlleva en su adquisición, mezcla, desinfección y manipulación. Por otra parte, no requiere de sistemas de riego altamente tecnificados que demanden mano de obra profesional y equipos de alto costo.

Sin embargo, por ser sistemas recirculantes, al mezclar la solución proveniente de todos los contenedores, en un mismo reservorio, el riesgo de contaminación con patógenos es alto con la consecuente pérdida de todo el cultivo.

### **Evaluación de la calidad del agua en las técnicas de cultivo en medio líquido.**

Se define calidad del agua al conjunto de concentraciones, especificaciones y particiones físicas de las sustancias orgánicas e inorgánicas, la cual debe ser definida y estandarizada por medio de indicadores que expresen las concentraciones, límites de los componentes relevantes y otras propiedades que afectan los diferentes usos.

Antes de iniciar con un sistema de cultivo en agua es importante realizar un estudio detallado de las características físicas, químicas y biológicas del agua. Dentro de los parámetros que se pueden utilizar para analizar la calidad del agua están los siguientes:

1. **Características químicas:** contenido de nutrientes minerales, conductividad eléctrica y pH.
2. **Características físicas:** Temperatura, color, olor, turbidez y transparencia.
3. **Características microbiológicas:** se determina la presencia de bacterias tales como coliformes, salmonella, shigella y escherichia coli entre otras, además de fitopatógenos como Phytium y Erwinia.

#### **Parámetros físicos.**

1. **Temperatura de la solución nutritiva:** Es proporcional a la temperatura ambiental, y afecta principalmente la concentración de oxígeno disuelto en el agua.
2. **Color:** Se debe a las diferentes sustancias disueltas, a la interacción con los rayos solares y a la presencia de microorganismos.
3. **Olor:** Es una técnica subjetiva para determinar la contaminación y se debe a la presencia de sustancias orgánicas disueltas en ella.
4. **Turbidez:** es un indicador de la presencia de agentes contaminantes como materia orgánica, bacterias, hongos, algas y otros macro y microorganismos.

### Parámetros químicos.

El análisis químico del agua es una herramienta indispensable para el cálculo y ajuste de la solución nutritiva, principalmente cuando el agua es de mala calidad. Se determina salinidad (CE), grado de acidez o alcalinidad (pH), contenido de macronutrientes, micronutrientes, bicarbonatos, cloro y sodio. El contenido de bicarbonatos permite calcular la cantidad de ácido a utilizar para ajustar el pH del agua.

**Conductividad Eléctrica (CE):** aunque no da información respecto al balance y concentración de nutrientes minerales, es un indicador del contenido de sales totales disueltas en la solución, por tanto, es uno de los parámetros más útiles en el manejo de la solución de nutrientes. Se recomienda su medición al menos dos veces por semana, cuyo rango óptimo varía con el cultivo y etapa fenológica, por ejemplo, en lechuga oscila entre 1.5 y 2.0 dS/m.

En condiciones de verano o en condiciones de invernadero en el trópico, las altas temperaturas hacen que las plantas absorban agua a mayor velocidad que elementos minerales, así el volumen de solución nutritiva disminuye y las sales minerales se concentran aumentando la salinidad. Por esta razón deberá mantenerse constante el volumen en el tanque, para asegurar la estabilidad en la concentración de sales disueltas. En este caso es recomendable agregar agua cuando la solución nutritiva supera el límite superior requerido por el cultivo.

Por el contrario, en cultivo al aire libre en clima lluvioso y nublado, se da un efecto de dilución de la solución nutritiva, si esta es menor al límite inferior requerido, se agrega más solución nutritiva.

En condiciones de clima moderado la salinidad (CE) de la solución es más estable, por lo que basta con reponer diariamente con solución, el volumen absorbido por el cultivo.

pH: Indica el grado de acidez o alcalinidad de la solución nutritiva y determina la disponibilidad de nutrientes minerales. Alta acidez o alcalinidad afectan la cantidad de nutrientes disponibles para la planta, en solución nutritiva. A pH de 5.5 a 6.5 está disponible la mayor cantidad de nutrientes para la planta. Para disminuir el pH se agrega ácido sulfúrico, ácido fosfórico, ácido nítrico y para aumentar el pH se recomienda adicionar

sustancias alcalinas como hidróxido de potasio o hidróxido de sodio (excepto para aguas con niveles significativos de sodio).

**Oxígeno Disuelto:** Es uno de los parámetros más importantes en la estabilidad y vida útil de la solución nutritiva. La concentración de oxígeno en la solución nutritiva varía en relación directa a la temperatura ambiente, presencia de microorganismos, salinidad y altitud (msnm). En zonas cálidas el factor limitante de la producción en agua es la temperatura ambiental, que afecta directamente la temperatura de la solución nutritiva. Conforme la temperatura aumenta disminuye la concentración de oxígeno disuelto, se produce fermentación por la aparición de microorganismos anaeróbicos en la solución y como resultado las raíces adquieren un color de marrón a café, debido a la muerte del tejido radical. Esto a su vez afecta otras características físicas como el olor, color y turbidez, disminuyendo en forma significativa la vida útil de la solución nutritiva y consecuentemente la calidad del cultivo.

A mayor temperatura menor contenido de oxígeno disuelto, mayor respiración o actividad metabólica de las raíces y mayor crecimiento de microorganismos anaeróbicos. Esto ocasiona mayor consumo de oxígeno y en consecuencia descomposición de raíces, incrementando la turbidez del agua. Además, altas temperaturas en la solución nutritiva afectan la absorción de nutrientes minerales, debido al deterioro de las raíces. Este problema se incrementa en época de verano, donde condiciones de alta temperatura y baja humedad relativa provocan altas tasas de evapotranspiración, y el daño en raíces afecta el abastecimiento de agua en la planta. Como consecuencia se producen deficiencias nutricionales, especialmente de elementos que son poco móviles dentro de la planta. Por ejemplo, el calcio que se manifiesta como necrosis marginal en hojas jóvenes del interior de lechuga y clorosis en hojas jóvenes por falta de hierro, manganeso y cobre.

Una raíz sana, filamentosa, bien desarrollada y blanquecina indica una buena concentración de oxígeno y el buen estado de la solución nutritiva. Por otro lado, la contaminación con bacterias, hongos y materia orgánica ocasiona un descenso del oxígeno disuelto debido a la utilización de este por los microorganismos en la degradación de los residuos orgánicos. Esta situación puede afectar la estabilidad del nitrógeno en forma nítrica, ya que los microorganismos anaerobios obtienen el oxígeno por medio del proceso de desnitrificación a partir de los nitratos con una importante pérdida de nitrógeno elemental en forma gaseosa.

La concentración requerida depende del cultivo, según Ureztarazu (2003), 3.0 mg/L de oxígeno disuelto es lo mínimo permitido sin efectos de oxidación e hipoxia en las raíces. Es normal que la concentración de oxígeno disuelto entre inicio y final del canal de cultivo disminuya, puesto que durante el recorrido de la solución entre el punto de alimentación (inicio) y el punto de drenaje (final) las raíces consumen oxígeno para su metabolismo. Lo importante es que valores menores no prevalezcan por mucho tiempo, por lo cual es importante un buen programa de recirculación y renovación del remanente que queda en los canales de cultivo.

## **Etapas de los sistemas de cultivo en agua.**

Tradicionalmente tanto el NFT como la técnica RFM se han desarrollado a través de tres etapas básicas: almácigo, primer transplante (T1) y segundo transplante (T2).

### **Etapas de almácigo.**

Para iniciar bien en un cultivo, es fundamental un almácigo de calidad, ya que de esta etapa depende la sanidad, el desarrollo y producción futura del cultivo. La calidad de las plántulas incluye la sanidad, buen desarrollo de raíces, tamaño uniforme, fuertes y duras (fibrosas), tallo grueso, buen color y vigor.

Existen diferentes formas de preparar el almacigo para transplantar en agua:

1. En cubos de espuma fenólica (esponja), lana de roca u oasis. En este caso no se utiliza sustrato, la semilla se siembra directamente en los cubos hasta el transplante.
2. En cajas de madera o plástico, utilizando sustratos livianos, con buen drenaje, adecuada retención de humedad, limpios y sueltos con tamaño de partícula entre 0.5 y 2.5 milímetros, tales como piedrilla, arena o pómez. Se selecciona el tamaño de partícula utilizando una zaranda de 3 a 4 milímetros, luego se pasa por una zaranda fina para eliminar el polvo. Se puede desinfectar con cloro (3.5 a 4% Hipoclorito de sodio) diluido a 40 mililitros por litro de agua (4%) aplicado con regadera. Posteriormente se lava o se deja al aire libre para que el cloro se evapore y procede a sembrar.
3. En bandejas plásticas con celdas para almácigos utilizando peatmoss o fibra de coco.

La semilla se coloca a una profundidad homogénea de 0.5 centímetros, se tapa y luego se pone a pregerminar. Después de la germinación cuando aparecen las primeras hojas cotiledonales y se inicia la formación de la primera hoja verdadera (tercera hoja) se procede a regar con una solución nutritiva específica para almácigos. Si el almácigo está creciendo muy rápido y está muy suave o succulento se puede suspender la aplicación de solución nutritiva, regando con solo agua e induciendo a un ligero estrés hídrico. Esto con el objetivo de regular crecimiento, hacer la planta más dura y fibrosa, mejorando así su consistencia y de las plántulas y adaptación en el campo.

### **Etapas de primer Transplante (T1).**

Cada cultivo tiene un momento óptimo de transplante, aplicando criterios tales como altura, número de hojas, edad de la plántula y desarrollo de raíces.

Si las plantas están muy suaves y tiernas, 5 a 7 días antes de transplantar, se somete a un proceso de endurecimiento, el cual consiste en disminuir la cantidad y frecuencia del riego, sometiendo las plántulas a un proceso de estrés sin llegar a la marchites.

En esta etapa se pueden utilizar tubos de PVC, cajones de madera impermeabilizados o cajas de plástico. En el transplante en cajones se utiliza una lamina de estereofón de 1.0 pulgada de grosor perforada cada 8 centímetros en cuadro o en pata de gallo, la cual soportara las plántulas suspendidas sobre la solución nutritiva. Por razones de facilidad de manipulación de la lamina con las plántulas a la hora de realizar el segundo transplante, conviene usar laminas de 0.50 x 1 metro.

Si las plántulas provienen de sustrato de fibra de coco, peatmos, o piedrilla, el transplante puede realizarse con raíz lavada o sin lavar, aunque la practica más generalizada entre los agricultores es realizar el transplante sin desprender el sustrato. Sin embargo, es necesario hacer un análisis acerca de las ventajas y desventajas de realizar o no el lavado. Si se decide lavar, se desprende el sustrato sumergiendo las raíces, ligeramente, en un recipiente con agua, con mucho cuidado para causar el menor daño posible a las raíces, luego se sumerge rápidamente en una solución desinfectante a baja concentración. Las plántulas se colocan en los agujeros del tubo o de la lámina de estereofón, sujetándolas a nivel del cuello con un pedazo de esponja de tal manera que las raíces queden sumergidas en la solución nutritiva. Otra opción muy utilizada por razones prácticas, es el uso de macetas (net pot) de 2 pulgadas de diámetro donde se colocan las plantitas, de tal manera que las raíces queden sumergidas en la lámina de solución nutritiva. Si el almacigo proviene de cubos de espuma, oasis o lana de roca, al no haber presencia de sustrato las plantas se colocan directamente en el sitio del primer transplante ya sea utilizando la esponja o el “net pot” para su sostén. Cuando el almacigo se hace en sustrato en bandejas de polietileno y no se desea lavar el procedimiento es el mismo.

### **Etapas de segundo transplante o transplante definitivo.**

A nivel comercial es necesario un análisis acerca de las ventajas y desventajas de realizar o no el primer transplante. La practica más común entre los agricultores, es realizar el transplante directo desde el almacigo sin realizar el T1. Esto supone algunas ventajas como es el ahorro de mano de obra de un doble transplante y el minimizar el riesgo de contaminación al evitar una manipulación excesiva en dos transplantes. Sin embargo, algunos agricultores están retomando la práctica del T1 ya que representa ciertas ventajas, tales como un ahorro de espacio y más ciclos de cultivo al año en el área de producción, puesto que en menor espacio se tienen mayor número de plantas. Por otra parte, se pasan al sitio definitivo con un sistema radical y área foliar más desarrollado, que le permite un mejor pegue y establecimiento en épocas muy calidas y soleadas.

Al igual que en el T1, la duración de esta etapa depende del cultivo, el clima de la zona, y de la edad y tamaño de plántulas usadas (cuadro 1).

Cuadro 1. Duración por etapa (semanas) del sistema de cultivo en agua.

Cultivo	Almacigo	Primer transplante	Transplante definitivo
---------	----------	--------------------	------------------------

Lechuga	2.0-3.5 semanas	1.0 - 2.0 semanas	3.0 –5.0 semanas
Apio	5.0- 6.0 semanas	2.0 - 3.0 semanas	8.0-10.0 semanas

Fuente: Elaboración propia.

En caso de utilizar primer transplante, aproximadamente a los 10 y 21 días después de colocar los plantines en el T1, cuando se inicia la competencia por espacio y luz solar, se procede a trasplantar al sitio definitivo donde estarán las plantas hasta la cosecha.

Las distancias óptimas de siembra en lechuga varían entre 20.0 y 25.0 centímetros entre plantas, para una densidad de 25 a 20 unidades por metro cuadrado. Distancias menores producen cabezas de menor tamaño y peso, mientras que distancias mayores producen cabezas más grandes pero menor peso por área, lo cual es importante en el caso de comercializar por peso. En apio es posible cultivar hasta 30 plantas por metro cuadrado con peso promedio de 500 gramos y un total de 15.0 Kg por metro cuadrado, en un ciclo de 7 a 8 semanas después del segundo transplante.

### **Vida útil de la solución nutritiva.**

La vida útil de la solución nutritiva en NFT, son aspectos de gran importancia y muy discutidos por algunos investigadores. Sin embargo, esto depende mucho de la época climática y de la calidad del agua, factores que determinan la acumulación de iones nocivos para las plantas y el desbalance de cationes y aniones en la solución nutritiva. El productor debe ser capaz de “leer planta” para determinar por sus propios criterios cual es el momento óptimo de renovar solución nutritiva. Al inicio, cuando se pone solución nueva, se observa una excelente calidad de plantas, sin embargo, conforme se sacan mas ciclos de cultivo, es factible observar una disminución en la calidad del cultivo, lo cual es un indicador para la renovación.

Resh (1997), considera que la vida útil de una solución nutritiva depende principalmente del porcentaje de iones acumulados no utilizados por las plantas de forma inmediata. Por otra parte, Backes *et al.* (2003) consideran que una solución nutritiva no debería ser empleada por un período superior a tres meses, recomendando una renovación completa de la misma después de ese período. Mientras que Castellane y Araújo (1995) afirman que el período útil de una solución nutritiva es de tres a cuatro semanas, en cuanto para Santos (2000) un período de utilización de una solución esta comprendido entre los 60 y 90 días.

El factor clima, variedad y la falta de información en la nutrición mineral en sistemas como el NFT, hacen difícil estandarizar su manejo, y los productores deben de hacer pruebas de acierto y error hasta lograr un plan de nutrición estable, que en algunos casos termina con problemas en la producción.

### **Control fitosanitario.**

Aunque desde el punto de vista fitopatológico, el cultivo hidropónico presenta ventajas con respecto al cultivo en suelo, como cualquier otro sistema de cultivo no está exento de ataque de enfermedades, en ocasiones de carácter grave. Los patógenos más comunes que se pueden diseminar a través del agua en un sistema de solución recirculante son hongos tales como *Phytium* sp., *Phytophthora* sp., *olpidium* sp., *fusarium oxysporum*, *verticillium* sp., bacterias tales como *Erwinia* sp. y virus como el del moteado verde del pepino (CGMMV) y el del mosaico del tabaco (TMV). El patógeno más común en los sistemas en agua es el *pythium* sp., por ser un hongo por naturaleza acuático, ya que se disemina en el agua mediante zoosporas flageladas, y sobreviven en residuos de suelo, sustratos y cultivos. Además, al igual que otros patógenos, se encuentra en el polvo que se acumula en los techos de los invernaderos y en los reservorios de captación de agua.

Por esto es necesario establecer todas las buenas prácticas de prevención de dichos patógenos, porque “es más barato prevenir que curar”. La desinfección de la solución recirculada es un tema de análisis, ya que esta puede convertirse en la principal vía de entrada de patógenos. Sin embargo, puede representar un alto costo de inversión inicial para el productor. Diversos métodos han sido ensayados, tales como radiación ultravioleta, esterilización con ion cobre o ion plata, cloración, ionización, ozonización, ultrafiltración y tratamiento con calor a más de 90°C. Sin embargo, todos han mostrado limitantes contra uno u otro patógeno. Por ejemplo, la ozonización contra *F. oxysporum*, *V. albo-atrum* por 20 minutos fue ineficaz y parcialmente eficaz con seis horas de exposición. La ultrafiltración fue efectiva contra *F. oxysporum* y *V. albo-atrum*, mientras que el tratamiento con calor a 97°C eliminó TMV y *V. dahliae*, pero a 94°C lograron sobrevivir algunas esporas de *fusarium oxysporum*. En Holanda la ultrafiltración y tratamiento con calor a más de 90°C son los métodos más prometedores para uso a nivel comercial. La cloración a concentraciones entre 2.0 y 4.0 ppm es efectiva contra *fusarium oxysporum*, reduce la cantidad de inóculo, pero no erradica a *Phytium*.





- Colocándolas en los vasos plásticos o en los “net-pot”





Asegurándose de que las raíces queden en contacto con la solución nutritiva.

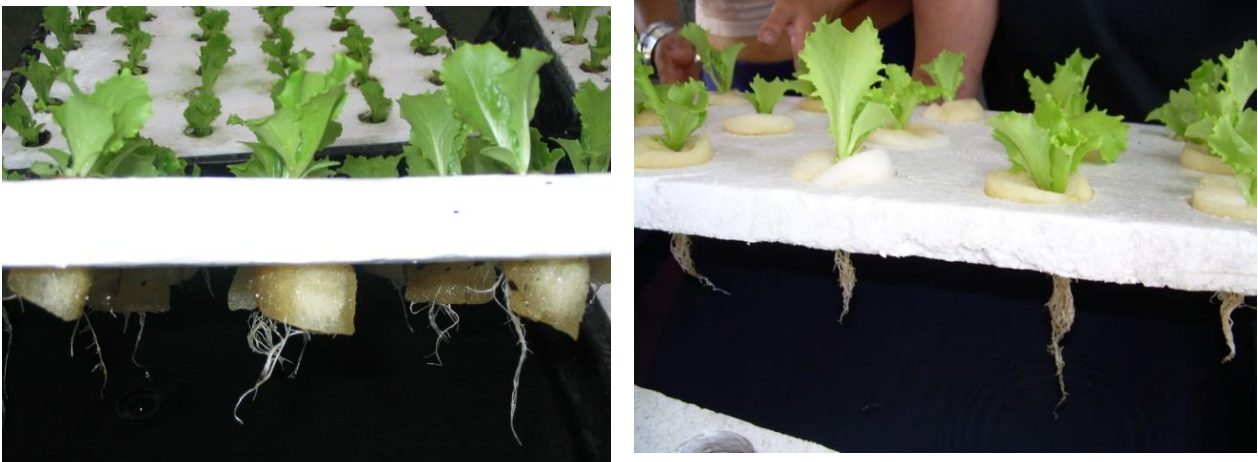




Foto . Lechuga en primer transplante.







### **LITERATURA CONSULTADA.**

BACKES, F. SANTOS, O.; SCHMIDT, D.; NOGUEIRA, H.; MANFRON, P.; CASAROLI, D. 2003. Reposición de nutrientes durante tres cultivos de lechuga en hidroponía. Horticultura Brasileira, 21 (4), 12 pp

BEMARDES, L. 1997. Hidroponia da alface- uma história de sucesso. Tomada: Estación Experimental de hidroponía "alface & cia", p 135.

BENINNI, E.R.Y.; TAKAHASHI, H.W.; NEVES, C.S.V.J. 2003. Manejo do cálcio em alface de cultivo hidropônico. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 21, n. 4, p. 605-610, octubre-diciembre.

CARLOS DE J. Cultivos hidropónicos. 4° edición. Madrid, España. Editorial mundi-prensa. 1997.

CARRASCO, G., ISQUIERDO, J. La empresa hidroponía de mediana escala: la técnica NFT. Talca, Chile. Editorial Universidad de Talca. 1996.

CASTELLANE, P.D.; ARAÚJO, J.A.C. 1995. Cultivo sem solo-hidroponia. Jaboticabal: FUNEP, 43p.

CENTRO DE INVESTIGACION DE HIDROPONIA Y NUTRICION MINERAL, UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA. 1997. Hidroponía comercial, una buena opción en agronegocios, en: Conferencia internacional de Hidroponía comercial. Lima, Perú. 1997.

CENTRO DE INVESTIGACION DE HIDROPONIA Y NUTRICION MINERAL, UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA. Curso práctico internacional de Hidroponía. Lima, Perú. 1999.

FOSSATI, C. Cómo practicar el hidrocultivo. Madrid, España. Editorial EDAF. 1986.

FURLANI PR; SILVEIRA LCP; BOLONHEZI D; FAQUIM V. 1999. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas: IAC. 52p. (Boletim técnico, 180).

GOTO, R.; GUIMARAES, V.; ECHER, M. 2001. Aspectos Fisiológicos E Nutricionais No Crescimento e Desenvolvimento de Plantas Hortícolas. En: Beckes, *et al.* Reposição de nutrientes em solução nutritiva para cultivo hidropônico de alface. Ciencia rural, set-oct, v 34, número 005. pp: 1407-1414.

HUTERWAL, G. O. Hidroponía, cultivo de plantas sin tierra. Buenos aires, Argentina. Editorial Albatros. 1997.

INSTITUTO NACIONAL DE APRENDIZAJE.. Proyecto de Hidroponía. San José, Costa Rica. Centro Nacional Especializado Granja Modelo. INA. 2002.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. Gilda Carrasco. Juan Izquierdo. 1996. Manual técnico. La empresa hidropónica de mediana escala: la técnica de la solución nutritiva recirculante (NFT). Talca Chile. Editorial Universidad de Talca. 105 p.

RESH, H. 1997. Cultivos hidropónicos: nuevas técnicas de producción. 4 ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, p 509.

SANTOS, O.S. 2000. Soluções nutritivas para alface. In: SANTOS, O. Hidroponia da alface. Santa Maria: UFSM, p: 90-101.

SOTO, F. 2006. Producción de lechuga (*lactuca sativa*) con la técnica de lámina de nutrientes modificada (nft). Instituto nacional de aprendizaje Núcleo gestión de formación y servicios tecnológico. Agropecuarios. Subsector productivo fitotecnia. Área funcional hidroponía. Uruca, San José, Costa Rica. p 38.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA, CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE HIDROPONIA Y NUTRICION MINERAL. 1999. Curso práctico internacional de hidroponía. Lima, Perú. 91 p.

URRESTARAZU, M. 2000. Manual de cultivo sin suelo. Madrid, España. Ediciones Mundi-Prensa. 648 p.

### Galería de fotos.

#### Almácigo para cultivo en agua:



Foto . Almacigos en cubos de espuma



Foto . Almacigos en cubos de oasis



Foto . Almacigos en piedrilla volcánica, arena o piedra pómez.





Foto . Almacigos en bandejas para almacigos con sustrato.

### Etapa de primer transplante (T1):



Fotos . Almacigo procedente de bandeja en sustrato de peatmos. Puede transplantarse sin lavar o con raíz lavada, utilizando netpot o esponja.





Primer transplante utilizando cubos de espuma.  
potes plásticos (net pot).



Foto . Lechuga procedente de T1 lista para el T2.

Primer transplante utilizando



Foto . Lechuga en primer transplante.

**Etapa del segundo transplante (T2).**

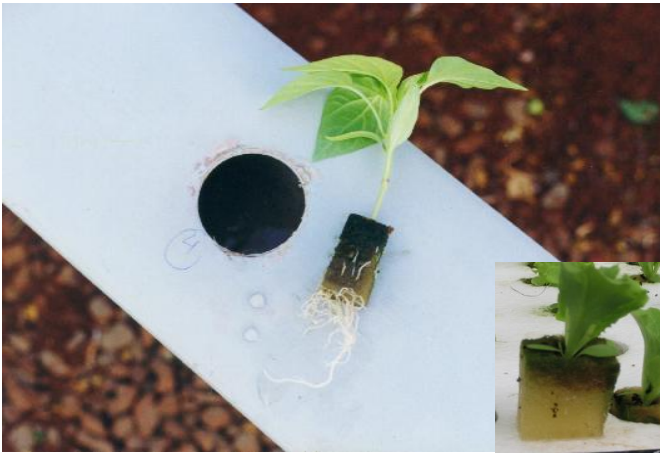


Foto . Transplante directo del almácigo al T2, obviando el T1.



Producción comercial de lechuga en la técnica de película de nutrientes modificado (NFT).



Foto. Producción comercial de lechuga en el sistema de raíz flotante modificado.