



Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria  
URUGUAY

# HIDROPONIA



Programa Nacional de Investigación en Producción Hortícola  
Serie Actividades de Difusión N° 692  
29 de Agosto de 2012

# **HIDROPONIA**

**Juan C. Gilsanz\***

**Agosto 2012**

\* Ing.Agr. M.Sc., Programa Nacional de Investigación Producción Hortícola,  
INIA Las Brujas



# Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

## **Integración de la Junta Directiva**

**Ing. Agr., MSc., PhD. Álvaro Roel** - Presidente

**Ing. Agr., Dr. Mario García Petillo**



**Dr. Álvaro Bentancur**

**Dr., MSc. Pablo Zerbino**



**Ing. Agr. Joaquín Mangado**

**Ing. Agr. Pablo Gorriti**



Título: HIDROPONIA

Autor:

Juan C. Gilsanz

© 2012, INIA

Reimpresión de la SAD 509 de Setiembre de 2007

Editado por la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología

Andes 1365, Piso 12. Montevideo - Uruguay

Página Web: <http://www.inia.org.uy>

Quedan reservados todos los derechos de la presente edición. Este libro no se podrá reproducir total a parcialmente sin expreso consentimiento del INIA.

## ÍNDICE GENERAL

CULTIVOS SIN SUELO.....	7
QUE ES LA HIDROPONIA.....	9
HISTORIA DE LA HIDROPONIA .....	9
VENTAJAS Y DESVENTAJAS EN EL USO DE LA HIDROPONIA.....	9
VENTAJAS .....	9
DESVENTAJAS.....	11
ALTERNATIVAS DE USO .....	12
NUTRIENTES.....	12
SOLUCIONES NUTRITIVAS.....	13
SOLUCIÓN NUTRITIVA DE FAO .....	14
PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN .....	14
AEREACIÓN .....	14
CALIDAD DEL AGUA .....	14
ALCALINIDAD O ACIDEZ DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA (PH) .....	15
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE).....	16
SANIDAD.....	16
PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS.....	16
DISTINTOS SISTEMAS UTILIZADOS EN LA HIDROPONIA.....	17
SISTEMA FLOTANTE .....	17
SISTEMA NFT (NUTRIENT FLOW TECHNIC) .....	19
SISTEMA DFT.....	21
SISTEMA ESTÁTICO.....	22
BIBLIOGRAFÍA.....	26



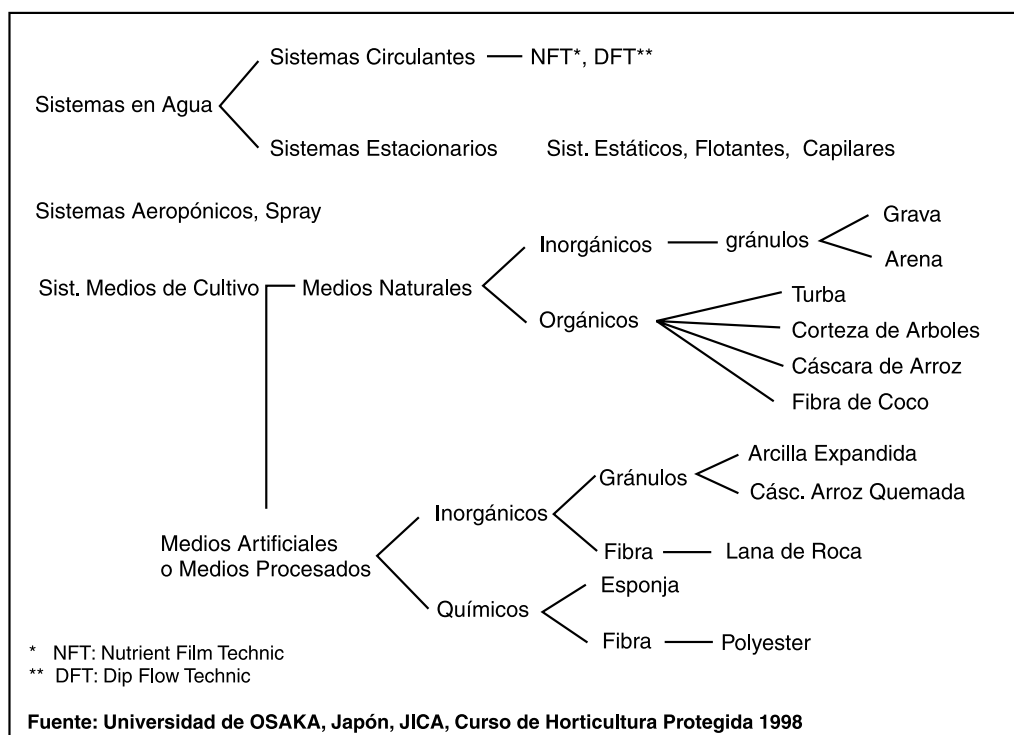
# HIDROPONIA

Juan C. Gilsanz

## CULTIVOS SIN SUELO

La hidroponia es parte de los sistemas de producción llamados Cultivos sin Suelo. En estos sistemas el medio de crecimiento y/o soporte de la planta está constituido por sustancias de diverso origen, orgánico o inorgánico, inertes o no inertes es decir con tasa variable de aportes a la nutrición mineral de las plantas. Podemos ir desde sustancias como perlita, vermiculita o lana de roca, materiales que son consideradas propiamente inertes y donde la nutrición de la planta es estrictamente externa, a medios orgánicos realizados con mezclas que incluyen turbas o materiales orgánicos como corteza de árboles picada, cáscara de arroz etc. que interfieren en la nutrición mineral de las plantas. Seguidamente se presenta una lista de materiales que pueden ser empleados como sustratos (Sylvia Burés 1997).

### Distintos Sistemas y Medios para Cultivos Sin Suelo





## **Lista Materiales que pueden ser utilizados como Sustratos (Sylvia Burés 1997)**

### **Derivados de la Explotación Forestal**

Limpieza de Bosques: Mantillo vegetal, hojas, acículas

Industria de la Madera: Corteza, aserrín o virutas de la madera

### **Explotación Agrícola**

Cereales: Restos de cosecha, paja.

Caña de azúcar: Restos de la caña de Azúcar (bagazo)

Coco: Fibra de Coco

### **Explotación Animal**

Excrementos: Estiércol

Piel y Lana: Lana

### **Industria Agroalimentaria**

Molinos de Arroz: Cáscara de arroz

### **Actividades Industriales Diversas**

Industria Textil: Algodón, Lino, Fibras acrílicas

Altos Hornos: Escorias del carbón

### **Núcleos Urbanos**

Recogidas de Basuras: basuras

Depuradoras de Aguas residuales: Aguas residuales

Jardinería Urbana: Restos Vegetales

### **Yacimientos Naturales**

Turbas: Turbas

### **Explotaciones Mineras**

Lana de Roca, fibra de vidrio, perlita, vermiculita etc.

### **Policarbonatos de Síntesis**

Poliestireno expandido

Poliuretanos

## ¿QUE ES LA HIDROPONIA?

El vocablo hidroponía proviene de dos palabras griegas HYDRO que significa agua y PONOS que significa trabajo

Se concibe a la hidroponia como una serie de sistemas de producción en donde los nutrientes llegan a la planta a través del agua, son aplicados en forma artificial y el suelo no participa en la nutrición.



## HISTORIA DE LA HIDROPONIA

Los principios son encontrados en China, Egipto e India.

Leonardo Da Vinci también experimentó en este campo. En el 1600 el belga Helmont realizó experimentos que demuestran la obtención de nutrientes por parte de las plantas. R. Boyle (1600) realizó experimentos de crecimiento de plantas en vasos. En 1699 Woodward demostró finalmente como las plantas obtenían alimentos.

Posteriormente en 1860 los alemanes Sachs y Knop fueron los primeros en hacer crecer las plantas en una solución nutritiva, llamando al proceso "nutriculture".

Diferentes trabajos de investigación fueron realizados hasta llegar a 1929, donde William F. Gricke, profesor de la Universidad de California, Davis, define el proceso como hidroponía que significa "agua que trabaja". Durante la segunda guerra mundial las fuerzas aliadas instalan en sus bases sistemas hidropónicos para proveer de vegetales y frutas frescas a las tropas en conflicto. Luego, la hidroponia comercial se extiende a través del mundo en 1950.

Más recientemente se produce un mayor crecimiento de la hidroponía, al desarrollarse la industria de los plásticos.

## VENTAJAS Y DESVENTAJAS EN EL USO DE LA HIDROPONIA

### VENTAJAS

Las ventajas en el uso de los sistemas hidropónicos puede resumirse en los siguientes aspectos:

#### **Menor número de horas de trabajo y más livianas**

En general estos sistemas requieren de un menor número de horas de trabajo que los sistemas convencionales de producción, ya que no sólo pueden automatizarse sino que además la naturaleza de las tareas es sensiblemente diferente en estos sistemas.

Además en general las tareas son más livianas que en los sistemas convencionales, por lo que puede existir un ahorro sensible en mano de obra y por lo tanto en costos.

### **No es necesaria la rotación de cultivos**

En estos sistemas no es necesaria la rotación de cultivos en el sentido estricto como se utiliza en los sistemas convencionales, básicamente por la no existencia de suelo.

### **No existe la competencia por nutrientes**

No existe la competencia por nutrientes, ya sea por plantas voluntarias o por microorganismos de suelo.

### **Las raíces se desarrollan en mejores condiciones de crecimiento**

Tanto en medios artificiales como en agua el desarrollo radicular adquiere su mejor desarrollo sin impedimentos físicos ni nutricionales, comparados con los sistemas tradicionales donde se suceden problemas de compactación, baja infiltración, condiciones de anaerobiosis para las raíces, que conspiran en su desarrollo.

### **Mínima pérdida de Agua**

A través de estos sistemas se realiza un uso eficiente del agua, ya que ésta es aportada en las cantidades necesarias y en forma controlada. Además en sistemas hidropónicos se minimizan las pérdidas por infiltración y evaporación.

### **Mínimo problema con las Malezas**

El problema de malezas se considera mínimo en estos sistemas, ya sea que los medios son estériles o son esterilizados, además que el problema de formación de algas en el sistema puede ser minimizado. De hecho al no existir suelo, el problema de las malezas tiende a desaparecer.

### **Reducción en Aplicación de Agroquímicos**

En general la aplicación de agroquímicos se reduce en estos sistemas, ya que el suelo como fuente de hospedaje o ciclo de enfermedades desaparece, de todos modos los sistemas hidropónicos no son inmunes a la presencia de patógenos sobre todo aquellos que pueden colonizar medios líquidos. Por otro lado las plagas pueden tener una incidencia similar que en los sistemas tradicionales, pero en la medida que se implementen estrategias de control, como el control integrado de plagas y enfermedades, así como un mejor control de las condiciones de crecimiento, redundará en una aplicación menor de plaguicidas.

### **El Sistema se ajusta a áreas de producción no tradicionales**

La implementación de estos sistemas permite ampliar el horizonte agrícola permitiendo la inclusión de áreas urbanas y suburbanas para la producción. En general es

posible desarrollar producciones comerciales exitosas en áreas tan pequeñas como el fondo de una casa. Esto permite una plasticidad en la evolución del volumen y el área de cultivo muy diferente a la obtenida con los cultivos realizados en los sistemas tradicionales.

## DESVENTAJAS

### Costo inicial alto

Estos sistemas presentan un costo inicial alto debido a las inversiones a realizar, de todos modos esto variará dependiendo del sistema elegido y del control que se desee realizar del ambiente de crecimiento. Si vamos a sistemas donde se controla la temperatura, humedad y luz del lugar de crecimiento del cultivo, tendremos mayores grados de inversión en equipos de medición y control. Por otro lado sistemas que requieran un aporte energético, como los sistemas circulantes, diferirán en los costos de aquellos sistemas flotantes o estáticos.

### Se requieren conocimientos de fisiología y nutrición

Este tipo de producciones demandan una mayor especialización del productor, exigiéndole un grado mayor de conocimientos respecto al funcionamiento del cultivo y de la nutrición de éste. Repentinos cambios de temperatura o de ventilación tendrán respuesta directa en el cultivo, sobre todo en ambientes protegidos. El íntimo contacto del productor con el cultivo permitirá prevenir tales cambios ambientales y la regulación de las necesidades nutricionales de acuerdo a las exigencias de éste.

### Desbalances nutricionales causan inmediato efecto en el cultivo

Al no existir suelo se pierde la capacidad buffer de éste frente a excesos o alteraciones en el suministro de nutrientes, es por ello que de forma inmediata se presentan los síntomas tanto de excesos como de déficits nutricionales. El productor deberá estar muy atento al equilibrio de la fórmula nutricional y a sus cambios durante el ciclo.



## Se requiere agua de buena calidad

Así como en los sistemas tradicionales de producción se necesita un suelo de adecuadas condiciones para la producción, en los sistemas hidropónicos se requiere agua de buena calidad, sobre todo libre de contaminantes y de excesivas sales, con un pH cercano a la neutralidad. Aguas comúnmente duras cargadas de excesos de sales significan el desarrollo de formulaciones especiales, cuando no son limitantes del proceso productivo.

En el cuadro siguiente se presenta un análisis comparativo de sistemas de cultivo tradicional y los hidropónicos o sin suelo.

### Análisis Comparativo de Cultivos Tradicionales e Hidropónicos o Sin Suelo

	Sobre Suelo	Sin Suelo
Nutrición de Planta	Muy Variable Difícil de Controlar	Controlada, estable Fácil de chequear y corregir
Espaciamiento	Limitado a la fertilidad	Densidades mayores, mejor uso del espacio y la luz
Control de Malezas	Presencia de malezas	Prácticamente inexistentes
Enfermedades y Patógenos del suelo y nemátodos	Enfermedades del Suelo	No existen Patógenos del suelo
Agua	Plantas sufren estrés Ineficiente uso del Agua	No existe estrés hídrico Pérdida casi nula

Fuente: *Universidad de OSAKA, Japón, JICA, Curso de Horticultura Protegida 1998*

## ALTERNATIVAS DE USO

Las alternativas de uso son innumerables, ya que la mayoría de los cultivos comerciales se adaptan a los sistemas de producción englobados dentro de la hidroponía. Desde hortalizas a árboles frutales, producción de cereales etc., son factibles de ser producidos bajo los sistemas hidropónicos. El cuando, el cómo y qué sistema y en que cultivo se debe aplicar estos sistemas de producción, debe ser resultado de una serie de valoraciones que deben realizarse frente a cada circunstancia, donde deben ponderarse los pro y las contras del sistema que se pretende aplicar. Se deben contemplar aspectos de costos, calidad de los recursos, así como su abundancia y disponibilidad. También es muy importante la idiosincrasia del productor y su facilidad de adaptación al cambio y adopción de estas nuevas tecnologías.

## NUTRIENTES

Los componentes de la solución nutritiva se caracterizan por su alta solubilidad, se deberán elegir por tanto las formas hidratadas de estas sales. Seguidamente se presenta una lista de las sales nutritivas más usadas en estos sistemas.

Nombre	Fórmula	Solubilidad g/l
Nitrato de Calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	1220
Nitrato de Potasio	$\text{KNO}_3$	130
Nitrato de Magnesio	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	279
Fosfato monopotásico	$\text{KH}_2\text{PO}_4$	230
Sulfato de Magnesio	$\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	710
Sulfato de Potasio	$\text{K}_2\text{SO}_4$	111
Sulfato de Manganeso	$\text{MnSO}_4$	980
Acido Bórico	$\text{H}_3\text{BO}_3$	60
Sulfato de Cobre	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	310
Sulfato de Zinc	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	960
Molibdato de Amonio	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	430

Fuente: Fuente: *FAO, La Empresa Hidropónica de Mediana Escala, La técnica de la solución Nutritiva Recirculante (NFT), (1996)*

Se deberá tener en cuenta la cantidad de nitrógeno amoniacal, en función de la especie involucrada y su tolerancia a este elemento, además otro aspecto a tener en cuenta es la relación potasio/nitrógeno (K/N) (2:1). El hierro deberá ser aportado en forma de quelato para favorecer su absorción por parte de la planta.

## SOLUCIONES NUTRITIVAS

Existen una variedad de soluciones nutritivas a ser utilizadas alguna de las cuales se presentan en el siguiente cuadro. En general se usan soluciones de aplicación general, que luego, a través de la experiencia y la práctica, se van especializando para un cultivo, para una etapa del cultivo y/o variedad.

Elemento	H. v Arnon	Hewit	Fao	Jensen	Larsen	Cooper	Steiner
Concentración en ppm							
N	210	168	150-225	106	172	200-236	167
P	31	41	30-45	62	41	60	31
K	234	156	300-500	156	300	300	277
Mg	34	36	40-50	48	48	50	49
Ca	160	160	150-300	93	180	170-185	183
S	64	48		64	158	68	
Fe	2.5	2.8		3.8	3	12	2-4
Mn	0.5	0.54	0.5-1	0.81	1.3	2	0.62
B	0.5	0.54	0.-0.4	0.46	1	0.3	0.44
Cu	0.02	0.064	0.1	0.05	0.3	0.1	0.02
Zn	0.05	0.065	0.1	0.09	0.3	0.1	0.11
Mo	0.01	0.04	0.05	0.03	0.07	0.2	

Fuente: *FAO, La Empresa Hidropónica de Mediana Escala, La técnica de la solución Nutritiva Recirculante (NFT), (1996)*

## SOLUCIÓN NUTRITIVA DE FAO

### Solución A

Fosfato de Amonio	492 g
Nitrato de Calcio	2.100 kg
Nitrato de Potasio	1.100 kg

### Solución B

Sulfato de Magnesio	492 g
Sulfato de Cobre	0.48 g (1/2 g)
Sulfato de Manganeso	2.5 g
Sulfato de Zinc	1.2 g
Acido Bórico	6.2 g
Molibdato de Amonio	0.02 g
Nitrato de Magnesio	920 cc
Quelato Hierro	8.5 g

## PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN

- Se vierten los productos de la solución A en un recipiente con 6 litros de agua y se completa a 10 litros.
- Los productos de la solución B se vierten en un recipiente con 2 litros de agua y luego se completa a 4 litros.
- De acuerdo a la capacidad de nuestro contenedor se aplica 5 cc por litro de la solución A y 2 cc por litro de la solución B

## AEREACIÓN

La presencia de oxígeno en la solución nutritiva es estrictamente necesaria para el desarrollo de la planta y el crecimiento de las raíces. Para el normal crecimiento de las plantas se requieren valores mínimos de oxígeno de 8-9 mg O<sub>2</sub>/lt de solución nutritiva. Estos valores pueden ser logrados y/o aumentados a través de distintos mecanismos como la inclusión de agitadores, recirculación de la solución, agregado de oxígeno puro al sistema. Tanto la temperatura de la solución como el tamaño del contenedor tienen directa influencia en los tenores de O<sub>2</sub> de la solución nutritiva. A mayor temperatura, los valores de O<sub>2</sub>/lt de solución expresados en mg disminuyen. El valor óptimo de temperatura debería encontrarse en un entorno de 10-15 ° C. En contenedores pequeños la difusión del oxígeno se ve disminuida, por lo que al disminuir el tamaño del contenedor, mayor atención deberemos prestar a la oxigenación.

## CALIDAD DEL AGUA

Así como en los sistemas convencionales la calidad del suelo es determinante del éxito, en los sistemas hidropónicos la calidad del agua es esencial tanto desde el punto de vista microbiológico como en su calidad química. El agua deberá estar exenta de

contaminantes microbianos que de alguna manera puedan ser un perjuicio para la salud humana, ya que no debemos olvidar que producimos hortalizas que van a ser consumidas en fresco. Respecto a la calidad química, deberán usarse aguas con bajos contenidos de sales. Los contenidos elevados de calcio o magnesio (mayores a 30 ppm en cada caso), obligarán a realizar correcciones en la formulación de la solución nutritiva. Por su parte, elementos como sodio o cloro en forma excesiva podrán ser tóxicos para la planta. En todos los casos se recomienda la realización de análisis del agua antes de comenzar con estos sistemas, además de análisis cíclicos, en especial cuando la fuente es subterránea.

## ALCALINIDAD O ACIDEZ DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA (PH)

Un parámetro a controlar en los sistemas hidropónicos es el pH de la solución nutritiva, es decir el grado de acidez o alcalinidad de la solución. El nivel de pH influye directamente sobre la absorción de los nutrientes por parte de la planta. Entre los valores de pH 5.5-7.0, se encuentra la mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas. Fuera de este rango las formas en que se pueden encontrar los nutrientes resultan inaccesibles para ser absorbidos por la planta, por lo que es fundamental mantener el rango de pH. En caso de encontrarnos con valores de pH superiores a 7.0 es posible corregir la solución nutritiva mediante la acidificación, usando ácidos nítrico, fosfórico y/o sus mezclas. Deberá contemplarse en la reformulación los respectivos aportes de nitrógeno y fósforo realizado por estos ácidos.

En caso de pretender elevar el pH, por encontrarnos frente a una solución extremadamente ácida, deberemos utilizar el hidróxido de potasio, considerando también el aporte de potasio realizado por esta vía.





## CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE)

La conductividad eléctrica es un indicador indirecto de la concentración salina del agua y de la solución nutritiva; nos puede dar un indicio si el agua a utilizar es la adecuada y sobre la vida útil de la solución nutritiva en el sistema. Al comienzo el agua de nuestra fuente deberá contar con el nivel más bajo posible de conductividad eléctrica; son adecuados valores de 0.7-1.2 mS/cm. Luego del agregado de sales, al formular la solución, la conductividad dependerá del cultivo y el estado de crecimiento, por ejemplo la lechuga tiene márgenes bajos para su desarrollo (entre 2-2.5), el tomate tolera valores más altos. Al tener valores más altos de sales disueltas en la solución, la absorción de nutrientes por la planta se ve limitada, repercutiendo en el normal desarrollo del cultivo.

**Niveles de conductividad eléctrica por cultivo**

Cultivo	Conductividad eléctrica dS/m
Lechuga	1.3
Espinaca	2.0
Tomate	2.5
Frutilla	1.0
Apio	1.8

## SANIDAD

Con respecto a la sanidad deberemos emplear el criterio de «que con la cocina limpia se cocina mejor», deberemos ser muy cuidadosos de la higiene y evitar todo tipo de contaminación ya que hay ciertos hongos y bacterias que en medios líquidos se desarrollan a gran velocidad. Se deberán desinfectar con hipoclorito u otros desinfectantes las bandejas de poliuretano a ser reutilizadas, los trozos de esponjas que actúan de sujetadores de las plantas en algunos sistemas hidropónicos deberán ser descartados sin posibilidad de uso por segunda vez. Los medios sólidos deben descartarse luego de su uso y en lo posible ser estériles o esterilizados al ser usados por primera vez. En caso de constatarse contaminación se deberá descartar todo el cultivo e higienizar todo el sistema antes de comenzar nuevamente. Respecto a los tratamientos sanitarios de los cultivos, éstos se desarrollarán en forma similar a la de los cultivos convencionales, con las recomendaciones existentes para cada cultivo, evitando las aplicaciones innecesarias de productos químicos, respetando los tiempos de espera y utilizando aquellos productos de menor toxicidad.

## PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS

La producción de plántulas para estos sistemas es una parte de crucial importancia, generalmente los productores realizan la producción de plántulas en bandejas de poliuretano, es necesario que el medio sea lo mas estéril posible, que sea fácilmente desprendible de las raíces de las plántulas a la hora de transplantar estas a la plancha de poliuretano.

En el proceso de limpieza de raíces, tratando de eliminar las partículas de tierra se produce una pérdida de tiempo, costo adicional de mano de obra y una gran cantidad de raíces rotas que servirán de puerta de entrada de enfermedades al sistema y de contaminación. Restos de tierra llevados en las raíces contaminarán el sistema.

Una alternativa es la producción de plantines en forma directa en la esponja que servirá de soporte en el hueco de la plancha de espumaplast. Para ello se deberá tener en cuenta las temperaturas y condiciones de germinación de la especie involucrada. Se colocan al menos dos semillas a germinar en el cubo de polifoam y deberán transplantarse a la plancha de poliuretano en cuanto el largo de las raíces comiencen a salir por la base de la esponja. (ver fotos 1, 2, 3, 4). También es posible producir plantines en un sistema flotante como el que se muestra en la foto 5.

### Población de plantas

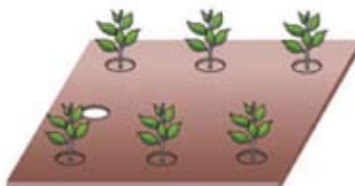
La población de plantas a utilizar dependerá del espacio del cual se disponga y del sistema hidropónico a utilizar, en el cuadro siguiente se presentan datos de la población de plantas/m<sup>2</sup> que se utilizan en estos sistemas.

Especie	Plantas/m <sup>2</sup>
Tomate	5-6
Lechuga	22-24
Pepino	5-6
Albahaca	20
Acelga	21
Apio	21
Berenjena	5

Fuente: FAO, La Empresa Hidropónica de Mediana Escala, La técnica de la solución Nutritiva Recirculante (NFT), (1996)

## DISTINTOS SISTEMAS UTILIZADOS EN LA HIDROPONIA

### SISTEMA FLOTANTE



El sistema flotante es el más sencillo de realizar, de bajo costo y no demanda el uso de energía extra. Consta de un recipiente en donde se coloca la solución nutritiva y sobre ella flotando la plancha de espuma que soporta las plantas. En este sistema es necesario realizar un cambio de solución semanalmente o al menos renovar parte de ella. Además se requiere de la aereación del sistema por medio de agite de la solución



diariamente. Las desventajas de este sistema consisten en la necesidad de formulación frecuente de la solución nutritiva, la necesidad de aerear el medio y prever la contaminación del soporte de espuma por algas que encuentran su fuente de alimento en la solución nutritiva, incentivadas por el acceso a la luz. Requiere además de un consumo importante de agua. En este sistema los cultivos que mejor se adaptan son aquellos de hoja como lechuga, espinaca y el de plantas aromáticas.

### Elementos del Sistema

Los elementos del sistema utilizado comprenden :

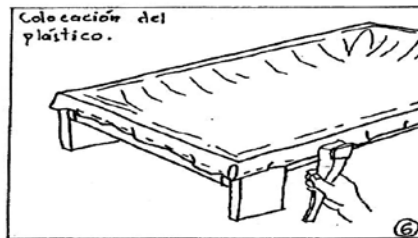
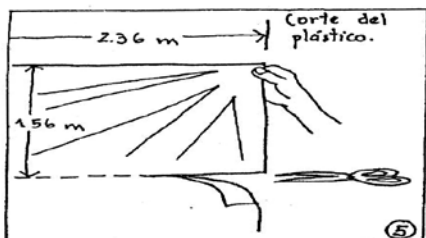
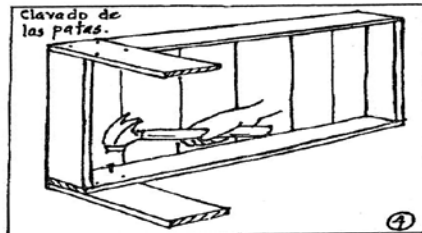
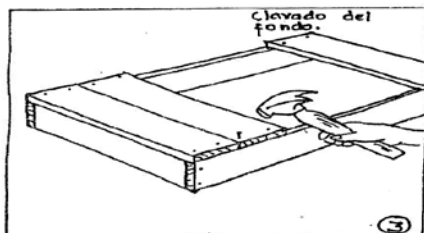
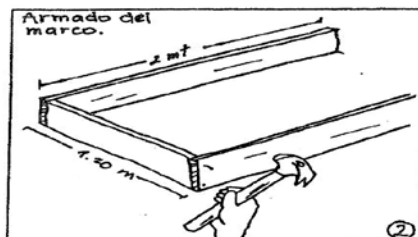
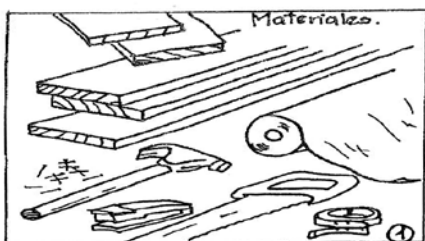
Un **bastidor** de madera de 15-20 cm de altura y un 1.10 m de ancho por el largo que se desee, de todos modos, el largo no puede ser excesivo ya que de realizarse sobre el suelo éste deberá estar muy bien nivelado. (ver foto 6)

**Planchas de poliuretano** de 2cm de grosor, de utilizar un grosor inferior se tendrá una menor durabilidad y se producirá un bandeo de la plancha debido al peso de las plantas. Esta plancha se agujereará simétricamente produciendo una abertura de 2 x 2 cm. por los que se introducirán las plántulas.

**España de polyfoam** de baja densidad, 2 cm de ancho para permitir el enraizamiento o fijación de la plántula. Además es mas barata que la de alta densidad, este elemento es descartable del sistema.

Lámina de plástico de doble capa (blanca y negra, similar a la usada para la producción de silos) (100-150 micrones), (ver foto 8)

## CONSTRUCCION DE UN CONTENEDOR



Fuente: FAO, La nueva Hidroponia Popular (1993) Manual Técnico

## SISTEMA NFT (NUTRIENT FLOW TECHNIC)



El sistema NFT se basa en el flujo permanente de una pequeña cantidad de solución a través de caños de los que el cultivo toma para su nutrición. En general este sistema está catalogado como de elevado costo, requiere del suministro de un volumen de agua constante, y para ello se gasta energía en el proceso de bombeo. El sistema consta de caños de distribución, un tanque de almacenamiento de la solución, tanques de formulación y una bomba que contemple las necesidades del sistema. En este sistema se

instalan cultivos que por el largo de ciclo o por el consumo de solución no podrían realizarse de otra manera, ejemplo: tomate, morrón, melón etc. Las desventajas del mismo son el uso de energía, el costo, la necesidad de contemplar el efecto de la temperatura sobre el nivel de oxígeno en el sistema de distribución, para ello los caños son pintados frecuentemente de colores claros. Requiere de formulación y chequeo frecuente del pH y salinidad de la solución.

### Elementos del Sistema

Los elementos del sistema utilizado comprenden :

**Un Tanque:** Para almacenar y coleccionar la solución, el tamaño del tanque estará determinado por la cantidad de plantas y tamaño del sistema.

**Caños o canales para el cultivo:** Generalmente en este sistema las plantas pueden ser colocadas en estos caños o canales donde corre la solución nutritiva.

**Bomba** impulsora en el reciclaje de la solución, existen dos tipos principales aquellas que son sumergibles y las que no.

**Red de Distribución y cañería colectora** Se refiere a los implementos necesarios para acercar la solución nutritiva a los caños o canales para el cultivo.

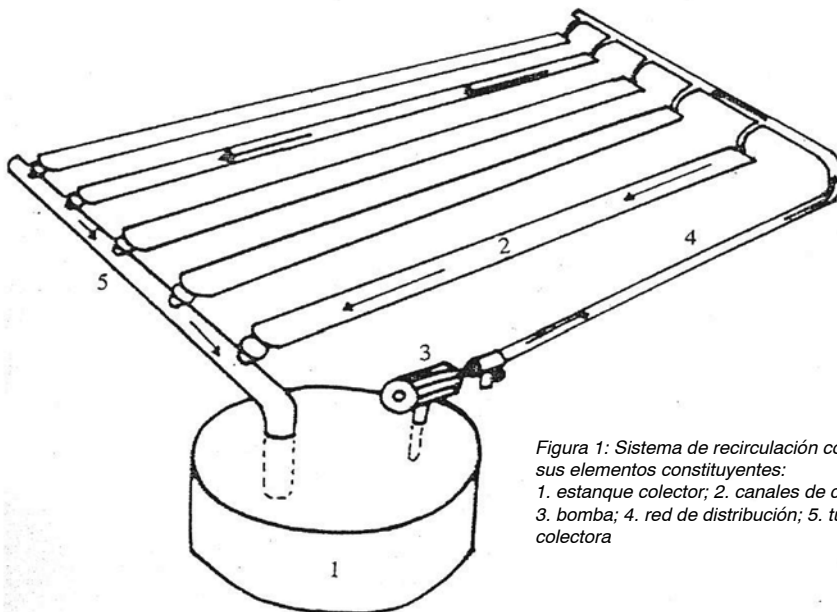


Figura 1: Sistema de recirculación continua y sus elementos constituyentes:  
1. estanque colector; 2. canales de cultivo;  
3. bomba; 4. red de distribución; 5. tubería colectora

Fuente: FAO, La Empresa Hidropónica de Mediana Escala, La técnica de la solución Nutritiva Recirculante (NFT), (1996)

## SISTEMA DFT (DEEP FLOW TECHNIQUE)



El sistema DFT, se cataloga como un híbrido entre los dos sistemas anteriores, presenta recirculación de la solución nutritiva igual que el NFT, por medio de una bomba, eliminando la necesidad de aireación y presenta la disposición de una plancha sobre la superficie de la solución nutritiva con las mismas ventajas y desventajas del sistema flotante. En este sistema pueden ser instalados preponderantemente los mismos cultivos que en el sistema flotante: cultivos de hoja y plantas aromáticas.



### Los elementos del sistema utilizado comprenden :

**Un bastidor** de madera con patas de 20 cm de altura y un metro de ancho por el largo que se desee, de todos modos, el largo no puede ser excesivo ya que de realizarse sobre el suelo este deberá estar muy bien nivelado. También puede ser realizado sobre el suelo sin fondo ni patas, o con una hilera de bloques sobre el suelo.

**Planchas de poliuretano** de 2cm de grosor, de utilizar un grosor inferior se tendrá una menor durabilidad y se producirá un bandeado de la plancha debido al peso de las plantas. Esta plancha se agujereará simétricamente produciendo una abertura de 2 x 2 cm. por los que se introducirán las plántulas (ver foto 4)

**Esjonja de polyfoam** de baja densidad, 2 cm de ancho para permitir el enraizamiento o fijación de la plántula y además es más barata que la de alta densidad, este elemento es descartable del sistema.

**Lámina de plástico** De doble capa (blanca y negra, similar a la usada para la producción de silos) (100-150 micrones).

**Bomba impulsora** en el reciclaje de la solución, existen dos tipos principales aquellas que son sumergibles y las que no.

## SISTEMA ESTÁTICO

### Sistema Estático (SAT)



En esta parte se presenta uno de los sistemas hidropónicos en los que se ha trabajado en la Estación Experimental Las Brujas en estos pasados años. El sistema corresponde a un Sistema Estanco aplicable fundamentalmente para cultivos de ciclo corto como lechuga, espinaca etc.

El sistema tiene su base teórica en la determinación del consumo de solución nutritiva para el periodo de crecimiento, ya que el sistema prevé una sola carga de solución al comienzo de ciclo de crecimiento. Los volúmenes de la solución nutritiva requerida varían de estación a estación al variar la evapotranspiración. Es importante esta información para la correcta formulación de la solución nutritiva. Con esto se apunta a que el productor no tenga mayores preocupaciones durante el ciclo de crecimiento si ha realizado las cosas en forma correcta.

El otro aspecto que el sistema toma en cuenta es el no requerimiento de energía, al eliminar el bombeo y obviar la aireación ya sea mecánica o por agregado de oxígeno externo. La aireación del sistema está basada en el ancho del contenedor y de la cámara de aire que va quedando al consumirse la solución nutritiva.

El problema de la aparición de algas en este sistema queda obviado, ya que la plancha de poliuretano donde se soportan las plantas queda montada en los bordes del contenedor, evitando la entrada de luz y la consiguiente formación de algas. En su forma original toma del sistema DFT, la alternativa de ser realizado directamente sobre suelo.

### Producción de Plántulas

La producción de plántulas para estos sistemas es una parte de crucial importancia. Generalmente los productores realizan la producción de plántulas en bandejas de poliuretano. Es necesario que el medio sea lo más estéril posible, que sea fácilmente desprendible de las raíces de las plántulas a la hora de transplantar éstas a la plancha de poliuretano.

En el proceso de limpieza de raíces tratando de eliminar las partículas de tierra, se produce una pérdida de tiempo, costo adicional de mano de obra y una gran cantidad de raíces rotas que servirán de puerta de entrada de enfermedades al sistema y de contaminación. Restos de tierra llevados en las raíces contaminarán el sistema.

Una alternativa es la producción de plantines en forma directa en la esponja que servirá de soporte en el hueco de la plancha de espumaplast. Para ello se deberá tener

en cuenta las temperaturas y condiciones de germinación de la especie involucrada. Se colocan al menos dos semillas a germinar en el cubo de polifoam y deberán transplantarse a la plancha de poliuretano en cuanto las raíces comiencen a salir por la base de la esponja. (ver fotos 1, 2, 3, 4) También es posible producir plantines en un sistema flotante como el que se muestra en la foto 5.

## Elementos del Sistema

### Los elementos del sistema utilizado comprenden:

Un **bastidor de madera** de 15 cm de altura y un metro de ancho por el largo que se desee, de todos modos, el largo no puede ser excesivo ya que de realizarse sobre el suelo éste deberá estar muy bien nivelado. (foto 3).

**Planchas de poliuretano** de 2cm de grosor, de utilizar un grosor inferior se tendrá una menor durabilidad y se producirá un bandeado de la plancha debido al peso de las plantas. (foto 4)

**Esponja de polyfoam** de baja densidad para permitir el enraizamiento. Además es más barata que la de alta densidad, debe considerarse que este elemento es descartable del sistema.

**Lámina de plástico** de doble capa blanca y negra, similar a la usada para la producción de silos (100-150 micrones de espesor), (foto 5)

### Armado

Se nivela el suelo, se coloca una capa de diarios para preservar el plástico de roturas y se coloca el bastidor de madera (fotos 6 y 7), luego se engrampa con cuidado el plástico (foto 8) y se agujerea la plancha de poliuretano con un perfil de hierro caliente de dimensiones similares a la de los cubos de esponja (foto 9). Estos cubos deberán ser preparados con unas dimensiones de 2x2 cm y con un tajo al medio para albergar la semilla o la plántula al transplante, dependiendo del sistema utilizado.

Se vierte la solución nutritiva hasta el borde del contenedor ya que las raíces de las plántulas deberán estar inmersas en ésta.

Luego se coloca la plancha de espumaplast y se sujeta con tiradores debido a que en estadios tempranos las plántulas de lechuga tienen poco peso y el viento puede levantar la plancha, aún en condiciones de invernáculo. El sistema está pronto para recibir a las plantas (foto 10).

### Especies y Variedades Ensayadas

El sistema ha confirmado su excelente funcionamiento en lechuga, las variedades ensayadas han sido Dolly, Milly y Loretto, obteniéndose pesos de hasta 400 gramos. La variedad Loretto se recomienda para su uso en verano, ya que resiste el florecimiento. Las restantes han sido probadas en otras épocas del año en producción de invernáculo.



El sistema también fue ensayado en producción a campo bajo malla, para evitar la producción de invernáculo en condiciones de alta temperatura. En estas condiciones se deberá tener mayor cuidado en la sujeción de la plancha de poliuretano.

Se ensayaron densidades de 16 y 20 plantas/m<sup>2</sup>, no obteniéndose diferencia en los rendimientos, por lo que se recomienda la utilización de 20 plantas/m<sup>2</sup>. Si se aumenta la densidad se podrían producir lechugas de menor peso.

### La Solución Nutritiva

La solución nutritiva utilizada (unidades en ppm):

N	P	K	Ca	Mg	S	B	Mn	Zn	Cu	Mo	Fe
238	31	312	160	48	64	0.5	0.5	0.05	0.02	0.01	3

El pH y la conductividad eléctrica se deben chequear a lo largo de todo el ciclo de acuerdo a lo expresado en la parte uno.

### La cosecha

La cosecha es realizada cuando las plantas alcanzan el tamaño adecuado para su comercialización. En Uruguay se requieren plantas de lechuga con cabeza formada y el llegar a este estado dependerá de las condiciones de crecimiento. En invierno debido a las bajas temperaturas se demora alrededor de 55 días y en verano el ciclo se acorta a unos 35 días. (foto 11).

La cosecha se puede realizar separando las raíces del resto de la planta, o bien tratar de cosechar la planta con el sistema radicular intacto para diferenciar la producción hidropónica (foto 12).

### Costos de Instalación y Producción de Lechuga

Los costos del sistema fueron establecidos en base al m<sup>2</sup> de producción y un número de 20 plantas/m<sup>2</sup>, pudiendo bajarse al extenderse la escala de producción. En detalle tenemos:

#### Inversión

##### Estructuras

Si usa Invernáculo 4 U\$S m<sup>2</sup>  
 Si usa Macrotúnel 2.5 U\$S m<sup>2</sup>

##### Costo Sistema SAT

Madera  
 Plástico  
 Espumaplast  
 Mano de Obra de instalación 4.8 U\$S/m<sup>2</sup>

**Por ciclo por planta**

Polyfoam

Mano de obra

Semilla

Solución Nutritiva

Amortización (3 años x cuatro ciclos de cultivos/año)

**cts/U\$S / Planta / Ciclo**

**0.7**

## **BIBLIOGRAFÍA**

FAO, La Empresa Hidropónica de Mediana Escala, La técnica de la solución Nutritiva Recirculante (NFT), (1996)

FAO, *La Huerta Hidropónica Popular (1996) Manual Técnico*

Universidad de OSAKA, Japón, JICA, Curso de Horticultura Protegida 1998



Foto1. Bandeja de plantines de lechuga (forma tradicional)



Foto 2. Plántulas de Lechuga producida en cubo de esponja



Foto 3 Producción de plantines de lechuga en cubos

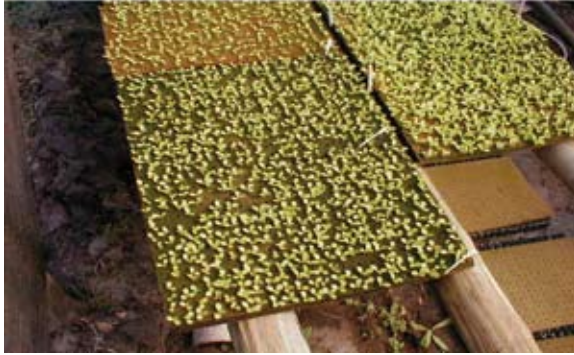


Foto 4 Producción de plantines de lechuga en planchas de celulosa



Foto 5 Producción de plantines en sistema flotante



Foto 6 Nivelación del Sistema



Foto 7 Colocación de la capa de papel



Foto 8 Colocación de la lamina de plástico



Foto 9 Plancha de poliuretano perforada



Foto 10 Plántulas con una semana de transplante



Foto 11 Plantas con 20 días desde el transplante



Foto 12 Plantas a la cosecha





Impreso en Agosto de 2012 en  
PRONTOGRÁFICA S.A.  
Cerro Largo 850 - Tel.: 2902 3172  
E-mail: [pgrafica@adinet.com.uy](mailto:pgrafica@adinet.com.uy)  
Dep. Leg. 343.020/2012

**INIA Dirección Nacional**  
**INIA La Estanzuela**  
**INIA Las Brujas**  
**INIA Salto Grande**  
**INIA Tacuarembó**  
**INIA Treinta y Tres**

**Andes 1365 P. 12, Montevideo**    **Tel: 598 2902 0550**  
**Ruta 50 Km. 11, Colonia**    **Tel: 598 4574 8000**  
**Ruta 48 Km. 10, Canelones**    **Tel: 598 2367 7641**  
**Camino al Terrible, Salto**    **Tel: 598 4733 5156**  
**Ruta 5 Km. 386, Tacuarembó**    **Tel: 598 4632 2407**  
**Ruta 8 Km. 281, Treinta y Tres**    **Tel: 598 4452 2023**

**Fax: 598 2902 3633**    **iniadn@dn.inia.org.uy**  
**Fax: 598 4574 8012**    **iniale@le.inia.org.uy**  
**Fax: 598 2367 7609**    **inia\_lb@lb.inia.org.uy**  
**Fax: 598 4732 9624**    **inia\_sg@sg.inia.org.uy**  
**Fax: 598 4632 3969**    **iniatbo@tb.inia.org.uy**  
**Fax: 598 4452 5701**    **iniatt@tyt.inia.org.uy**