

Ministerio de Agricultura y Ganadería

Sistema Unificado de Información Institucional



**HIDROPONÍA EN CASA:
Una actividad familiar**

Ing. Guillermo Guzmán Díaz

2004

Este documento ha sido elaborado con la intención de motivar a las familias, tanto de zona rural como urbana, para que en esas áreas del jardín o patio, poco o nada utilizadas; inicien un pequeño proyecto hidropónico. El esfuerzo es mínimo y la satisfacción mucha, sobre todo para aquellos y aquellas que gustan de las plantas.

La facilidad del manejo, el poco tiempo requerido y la calidad de la cosecha, no solo benefician a la familia en cuanto al consumo de alimentos frescos y sanos, sino que es una actividad que puede ser compartida por todo el grupo familiar, pues permite integrar al adulto mayor y a los jóvenes, y lograr que adquieran una nueva experiencia, disciplina y el hábito de trabajo en grupo.

Una vez dominados los conceptos básicos, el pequeño proyecto perfectamente puede crecer y ayudar al ingreso familiar; existen varios casos de este tipo, así como grupos de mujeres asociadas que venden hortalizas y otras plantas producidas hidropónicamente.

El tema a pesar de ser expuesto en un forma sencilla, requiere en ciertos tópicos expresar conceptos químicos, base de la técnica hidropónica; sin embargo, se ha procurado tratarlos en la forma más explícita posible.

En caso de que prevalezca la duda en cualquiera de los temas, no dude en comunicarse con cualquiera de nuestras Agencias de Servicios Agrícolas que están en todo el país, a nuestras oficinas centrales en San José al teléfono 231-23-44; o también el Proyecto de Hidroponía del INA, teléfono 210-66-74.

Consejo Editorial

Octaviano Castillo Vargas
Alex May Montero
Fernando Mojica Betancourt
Laura Ramírez Cartín
Guadalupe Gutiérrez Mejía
Daniel Zúñiga van der Laat

Aprobada su publicación en sesión del 10 de mayo del 2004

ISBN: 9968-877-11-5

631.58
G993h

Guzmán Díaz, Guillermo A.

Hidroponía en casa: una actividad familiar / Guillermo A. Guzmán Díaz.- San José, C. R.: MAG, 2004.

21 cm - (Serie cultivos no tradicionales)

ISBN 9968-877-11-5

1. CULTIVO HIDROPÓNICO 2. PRODUCCION VEGETAL. 3 METODOS DE CULTIVO. 4. COSTA RICA. I
Ministerio de Agricultura y Ganadería. II. Título

Agradecimientos

El autor desea expresar su agradecimiento a:

Miriam Ramírez Azofeifa y Freddy Soto Bravo, del Proyecto Hidroponía del Instituto Nacional de Aprendizaje, por la revisión y observaciones hechas al manual.

Martín Benavides del Área de Agricultura Orgánica del INA, por compartir su amplia experiencia en cuanto a extracción y desarrollo de sustancias orgánicas para el control de plagas y enfermedades.

Floria Bertsch Hernández funcionaria del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica por la revisión y observaciones hechas a este documento.

Alvaro Cháves Benavides, jefe de la Agencia de Servicios Agropecuarias del Ministerio de Agricultura y Ganadería en Coronado, por la revisión y observaciones realizadas a este manual.

Alejandra Gómez García, funcionaria del Sistema Unificado de Información Institucional del MAG por la diagramación de este manual.

I. Introducción:

Concepto:

La palabra hidroponía proviene del griego *υῶδρ* (*Hydro*) que significa agua y *πονός* (*Ponos*) que significa labor, trabajo o esfuerzo; traducido literalmente significaría trabajo en agua. El diccionario de la Real Academia Española de la Lengua lo define como el cultivo de plantas en soluciones acuosas; sin embargo, actualmente la palabra involucra todas aquellas formas en que se cultivan plantas con algún soporte (arena, grava, carbón, etc.), sin el uso de suelo, en donde son alimentadas mediante una solución de nutrimentos minerales (sales minerales) que se les suministra por medio del agua de riego.

Es una técnica alternativa y relativamente nueva en nuestro medio para producir cultivos saludables. Esta técnica permite cosechas en períodos más cortos que la siembra tradicional (precocidad), mejor sabor y calidad del producto, mayor homogeneidad y producción.

También favorece un ahorro considerable en el uso del agua de riego en la época seca y es una técnica económica, eficiente y racional en cuanto a la aplicación de los nutrimentos minerales (sales minerales o fertilizantes). Por otra parte, disminuyen los problemas relacionados con enfermedades de la raíz, lo que reduce drásticamente la aplicación de plaguicidas, y en su lugar se pueden utilizar sustancias orgánicas repelentes que le permiten al productor obtener cosechas de muy buena calidad y libres de residuos tóxicos; de esta forma la familia consumirá alimentos más frescos y sanos. Es importante resaltar en ese sentido la protección que también se le da al medio ambiente con el uso de esta técnica.

Historia:

Se cree que los primeros cultivos hidropónicos de la historia fueron los jardines colgantes de Babilonia, porque se alimentaban del agua que corría por medio de canales. También se dice que hace más de 1000 años, se practicaba la hidroponía en forma empírica en China, la India y Egipto. La chinampa mexicana es otra forma de aplicación de los principios hidropónicos; los aztecas cultivaban el maíz en barcazas por medio de un entramado de pajas.

En 1699 el inglés John Woodwar hizo crecer plantas en diversos recipientes con medio líquido al que había añadido diferentes cantidades de suelo.

Posteriormente, los alemanes Sachs en 1860 y Knop en 1861, lograron aislar por completo la planta del suelo y la hicieron crecer por medio de una solución de elementos minerales, técnica conocida entonces como nutricultura.

Entre 1929 y 1930, el profesor de fisiología vegetal de la Universidad de California, Dr. William Gerike, logró un éxito sin precedentes al instalar unidades de cultivo sin tierra al aire libre con fines comerciales. Él bautiza a esta técnica como hidroponía y es considerado el padre de esta moderna técnica de cultivo.

La aplicación de la técnica se ha dado muchas veces después de ese logro, especialmente después de la segunda guerra mundial; desde los japoneses durante esa época, hasta hoy en día con la alimentación de los astronautas por parte de la NASA.

Especies a utilizar:

Son muchas las especies que se pueden cultivar bajo esta técnica; sin embargo, el productor debe considerar algunos factores como: plantas que mejor se adapten a las condiciones ambientales donde vive; cultivos anuales o de ciclo corto y que sean las más utilizadas en el hogar. Por otra parte, para fines comerciales, son utilizadas aquellas que brindan los mayores ingresos económicos como ocurre con algunas especies hortícolas y especias.

Entre las hortalizas que pueden utilizarse, son comunes las siguientes familias: **Solanáceas** (tomate, chile, berenjena, papa), **Liliáceas** (cebolla, ajo, cebollín, puerro), **Crucíferas** (nabo, repollo, coliflor, brócoli, berro), **Cucurbitáceas** (pepino, ayote, melón, sandía), **Umbelíferas** (culantro, apio, perejil y zanahoria), **Compuestas** (lechuga).

Cortesía del Proyecto Hidroponía del INA(Instituto Nacional de Aprendizaje)

Foto 1. Producción hidropónica sobre sustrato sólido en la Granja Modelo del Instituto Nacional de Aprendizaje (INA)

En el siguiente cuadro se incluyen datos sobre las etapas de cultivo de algunas especies, con la técnica hidropónica.

Cuadro 1. Hortalizas más frecuentes en cultivo hidropónico y su rendimiento

Cultivo	Días Después de Siembra (DDS)			Centímetros entre		Producción por m ²
	Germinación	Trasplante	Cosecha	Surcos	Plantas	
Acelga	7 a 14	30 a 35	70 a 75	15 a 20	15 a 20	25 unidad.
Albahaca	5 a 8	25 a 30	60	20-30	20-30	3 a 4 kg
Apio	8 a 15	50 a 55	60 a 75	17-20	17-20	35 unidad.
Brócoli	3 a 8	22 a 25	85	25-30	25-30	N.D.
Cebolla	6 a 10	40 a 45	65 a 70	10-15	10-15	6 a 8 kg
Cebollino	6 a 12	40 a 45	60 a 65	10-15	10-15	15 rollos/mes
Coliflor	3 a 8	22 a 25	90	25-30	25-30	N.D.
Culantro	10 a 15		50 a 55	a chorro	15-20	25 rollos
Chile	4 a 12	35	80 a 85	30-50-	100-120	15-20/plant
Lechuga	3 a 5	22 a 25	35 a 45	25	25	20-25 unid
Pepino	3 a 5	12 a 14	45 a 50	100-120	25-30	N.D.
Perejil	10 a 18	40 a 45	50 a 55	5-10	10-15	15 rollos
Puerro	6 a 12	40 a 45	60 a 65	10-12	12-15	15 rollos/mes
Rábano	3 a 5		35 a 45	15-20	5	20 rollos
Remolacha	6 a 10	30 a 35	60 a 65	10-15	10-12	30 unidades
Repollo	3 a 8	22 a 25	60 a 65	25-30	25-30	10-12 kg
Tomate	4 a 12	25 a 28	80 a 85	40-60	120-140	5 a 8 kg/planta
Vainica	3 a 6		45 a 50	20-25	20-25	4-5 kg
Zanahoria	7 a 15		90 a 95	A chorro	15-20	N.D.
Zuchini	3 a 5	12 a 14	45 a 50	40-50	50-60	N.D.

Fuente: Proyecto Hidroponía, Granja Modelo, INA, año 2003

Ubicación de la huerta:

La idea primordial es aprovechar todos aquellos espacios de la casa, patio, terrazas e incluso techos, que en este momento no se utilizan y que pueden ser productivos. Entre las condiciones que tienen que tomarse en cuenta están: 1) el lugar escogido, debe estar protegido del paso de animales domésticos y de niños pequeños, que de alguna forma puedan causar daños, 2) la zona en cuestión debe contar con 6 horas como mínimo de exposición a la luz solar por día, preferiblemente las primeras horas de la mañana, 3) no debe haber obstáculos como árboles o construcciones cercanas que den sombra a la zona que se pretende como área de producción, por el tiempo antes mencionado, 4) evitar lugares muy ventosos, pues los vientos muy fuertes pueden causar serios daños a las plantas, ya sea desecándolas o rompiendo hojas y ramas.

Además debe procurarse todo aquello que facilite el manejo de los cultivos. Escoja lugares de fácil acceso, en donde el agua para riego se tenga muy cerca. También el recinto donde se almacena y se prepara la solución nutritiva debe estar próximo al área de producción.



Foto 2. Aprovechando un área libre en el patio de la casa

II. Sistemas de cultivo hidropónico:

Se puede decir que son básicamente dos los sistemas en que se ha practicado la hidroponía o el cultivo sin tierra. El más común, es el que utiliza sustrato sólido para el anclaje de las raíces, el cual se puede colocar en: a) camas o bancales, b) cultivos verticales en columnas o mangas colgantes, c) maceteros o bolsas y d) canales o canoas. En el segundo método, considerado verdaderamente hidropónico, se ubican: e) raíz flotante, en donde las raíces permanecen sumergidas en una solución nutritiva, la cual debe oxigenarse con cierta frecuencia, f) más moderna es la técnica de la película nutritiva (NFT en inglés), donde las raíces son bañadas periódicamente por la solución nutritiva, y g) la más reciente, la aeroponía, en donde la solución es asperjada a las raíces de las plantas (poco utilizada a nivel comercial, solo experimental).

El sustrato sólido:

Se utiliza un medio sólido como soporte de las raíces permitiendo de esta manera el establecimiento del cultivo. El sustrato tiene varias funciones: no solo sirve de anclaje a las plantas, también protege a las raíces de la luz solar; retiene cierta cantidad de solución nutritiva (agua con nutrimentos) y permite el suministro de oxígeno a las raíces por medio de los espacios aéreos entre las partículas.

Materiales a utilizar:

Pueden utilizarse como sustrato materiales de origen inorgánico o mineral como: la piedra volcánica, grava, piedra "quintilla", arenón, arena, piedra pómez, etc., como también materiales de origen orgánico, tales como: fibra de coco, carbón vegetal, granza de arroz, cubierta de la nuez de macadamia. Incluso se han utilizado materiales artificiales como el poliestireno expandido ("estereofón").

Es conveniente mencionar que siempre se debe buscar la mayor comodidad a la hora de escoger el material a utilizar. Se debe pensar en la facilidad de manejo, en cuanto al peso, al acceso que se tenga a los materiales por distancia y transporte, y sobre todo en el costo.

El sustrato es cualquier material sólido; sin embargo, el que sea utilizado debe poseer ciertas propiedades físicas, biológicas y químicas. Físicamente estable, que no experimente contracción o dilatación como respuesta a cambios climáticos y que sea lo más duradero posible. Biológicamente, que no albergue ningún organismo perjudicial (semillas de malezas, nematodos, bacterias, hongos, etc.), pero no existe ningún medio totalmente estéril. Químicamente, no debe presentar reacciones con las sales minerales que nutren a las plantas (nula capacidad de intercambio catiónico), debe tener una acidez o pH constante, y mínima velocidad de descomposición. En otras palabras la solución nutritiva no debe verse afectada por las características del material utilizado como sustrato (o cama del cultivo).

Otras características del sustrato que brindan condiciones adecuadas para el desarrollo de las raíces son:

1 Porosidad suficiente que permita el contacto de la raíz con el aire y a la vez con la solución nutritiva; de esta forma la raíz se alimenta y también respira. Del tamaño de los poros del sustrato, dependerá su capacidad de retener agua. Que permita desinfectarse fácilmente. Liviano para comodidad en el transporte, en el lavado y colocado en contenedores.

2 Tiene que ser químicamente inerte, o sea, no debe reaccionar con la solución nutritiva; ya que si eso sucede, pueden ocurrir formación de compuestos insolubles (precipitados) que las plantas no pueden aprovecharlos. Esto también puede ocurrir cuando se eleva o se baja la acidez (pH) de la solución, sucede con algunos elementos como fósforo y otros micronutrientes. Por otra parte, las intoxicaciones del cultivo por causa de la liberación de elementos cargados eléctricamente (iones H^+ u OH^-), también es producto de la reacción del sustrato con la solución nutritiva.

A parte de lo anterior, el material ideal es aquel que se adapte mejor a sus condiciones de producción, por ejemplo al clima para que retenga más o menos humedad, o que facilite el tipo de fertirrigación que se use. Además, es importante considerar las condiciones físicas del productor (sexo, edad, salud) para que se facilite su labor. No menos importante es la capacidad económica que se tenga, en este sentido debe pensarse en la facilidad de obtener el material en su localidad a fin de reducir los costos de transporte.

Sustratos Orgánicos:

Comunes son la granza de arroz, la fibra de coco, el carbón vegetal y la cáscara de macadamia; todos materiales biodegradables, o sea que se van descomponiendo poco a poco con el tiempo. Relativamente no duran mucho tiempo si son comparados con los sustratos inorgánicos; principal inconveniente si se pretende establecer una producción comercial continua a largo plazo. Además, deben de lavarse y desinfectarse muy bien para eliminar toda clase de residuos junto con los microorganismos que causan pudriciones. Debe prestarse especial atención a la fibra de coco, básicamente en dos aspectos: en primer lugar, debe lavarse muy bien debido a que mantiene cierta cantidad de otras sales (alteran la conductividad eléctrica) y en segundo lugar, debe almacenarse en lugares frescos, claros y ventilados, debido a que le gusta mucho a las babosas. Por su parte, la cascarilla de arroz también debe lavarse muy bien para eliminar, en este caso, la puntilla (harina), granzas enteras y los residuos de herbicidas.

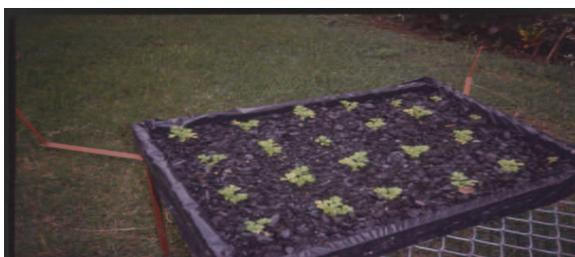


Foto 3 Plantas de apio creciendo en carbón vegetal como sustrato

Sustratos Inorgánicos:

La piedra volcánica, roja o negra, piedra pómez, arena de río, arenón, piedra "quintilla" y otras, son materiales mucho más duraderos que los orgánicos. Tienen también la ventaja de ser más fáciles de desinfectar, pero su inconveniente es el manejo, debido al peso.

Se puede sembrar en forma directa o indirecta según el cultivo seleccionado. Consulte el cuadro 1 y siga las recomendaciones en cuanto a las distancias de siembra. En siembra directa moje con suficiente agua el sustrato después de sembrar para asegurar la germinación, y manténgalo húmedo los días siguientes.

Normalmente se realizan 2 aplicaciones de la solución nutritiva; la primera entre las 6 y 7 de la mañana y la segunda, alrededor del medio día. Es preferible dirigir la aplicación a la zona de las raíces y no al follaje; utilice entre 2 y 5 litros de solución nutritiva por metro cuadrado por día. La cantidad requerida depende del estado fenológico (etapa de desarrollo) de la planta y de las condiciones climáticas. Plantas muy pequeñas en días fríos o nublados requieren poco volumen, todo lo contrario ocurre con plantas adultas o en producción en épocas muy soleadas.

En la época seca, es conveniente hacer riegos adicionales, uno o dos por semana únicamente con agua, no solo para mantener hidratadas las plantas, sino también para diluir las sales minerales que se van acumulando en el sustrato, ya sea por efecto de la absorción de agua que realizan las plantas, como por la mayor evaporación debido a las condiciones

climáticas. De no corregirse a tiempo, tal acumulación podría causar toxicidad y manifestarse con la marchitez de los cultivos. En invierno, la lluvia lava los excesos y el problema no se presenta.

El sustrato seleccionado se coloca en contenedores impermeabilizados, normalmente con una cobertura plástica, preferiblemente de color negro, de 6 a 8 milésimas de pulgada. Además debe hacerse un drenaje o pequeño agujero de 0,5 a 1 centímetro del fondo, al frente del contenedor, el cual evacuará el exceso de solución y sobre todo de agua que se acumula en la época lluviosa; los detalles se tratan en la sección referente a la construcción del contenedor.

Desinfección del sustrato:

Los materiales utilizados como sustrato pueden hospedar microorganismos tales como bacterias y hongos, así como algunos insectos y nematodos. Estos pueden causar enfermedades o convertirse en plagas de las plantas, por lo cual se hace necesario lavar y desinfectar el medio de cultivo a utilizar en donde se ubicarán las semillas (almácigos), o las plántulas que queremos desarrollar (contenedores). Con el lavado se elimina la tierra, polvo o cualquier contaminante que pueda sedimentar y ensuciar el medio de cultivo, impidiendo los procesos de respiración, absorción que realizan las raíces; además podrían afectar la composición y estabilidad de la solución nutritiva. La desinfección elimina la contaminación del medio de cultivo por parte de insectos y patógenos. Conviene volver a lavar el sustrato antes de iniciar una nueva siembra; sin embargo, dado el alto costo, generalmente se realiza cada 4 ciclos de cultivo o cada año.

Existen métodos físicos y químicos para la desinfección del sustrato.

- El calor es uno de los métodos físicos más eficientes utilizados para desinfectar. El agua hirviendo o el vapor de agua también son efectivos; temperaturas sobre los 80 °C son suficientes para eliminar organismos patógenos.
- El método químico más sencillo y seguro es la utilización del cloro de uso doméstico (hipoclorito de sodio al 3,5%). Maneje el cloro con cuidado, proteja los ojos de posibles salpicaduras, utilice guantes y anteojos; prefiera realizar la preparación al aire libre o en lugares ventilados. Se usa en concentraciones de 4 a 10% (40 o 100 cc/litro); por ejemplo, para una preparación al 10%, diluya el cloro doméstico de la siguiente forma: tome 100 ml del producto comercial y agregue agua hasta completar un litro (100 ml del cloro que se usa en la casa + 900 ml de agua). El sustrato debe sumergirse en esta solución por una media hora. Después debe eliminarse la solución de cloro por medio de lavados sucesivos, y dejarlo al aire para permitir que los residuos del cloro se evaporen. Posterior al tratamiento deje el sustrato mínimo 2 días al aire antes de iniciar la siembra. El cloro no es recomendable para materiales porosos como la fibra de coco, carbón, piedra pómez por ser muy absorbentes.

Aplicación de la solución nutritiva:

En el sistema de sustrato sólido existen variantes en la forma de aplicar la solución nutritiva, pues ésta puede ser aplicada de arriba hacia abajo (percolación), o en sentido contrario de abajo hacia arriba (subirrigación). La aplicación de arriba hacia abajo es la más común, y en algunos casos la solución puede ser recuperada para reutilizarse; sin embargo, en la mayor parte de las explotaciones no es habitual hacerlo debido al riesgo de contaminación.

El contenedor:

Es el recipiente en donde se coloca el sustrato. Existen varios tipos de materiales que pueden ser utilizados como contenedor. En muchos casos se han usado materiales de desecho con lo que se favorece al medio ambiente al evitar contaminación. Se pueden nombrar entre ellos: llantas viejas desechadas, envases plásticos (botellas, galones, pichingas, cajas plásticas), cajones en escalera, bambú o tubos PVC de 4 pulgadas cortados en forma de canoa; además las cajas donde vienen las manzanas importadas, o las tarimas de montacargas adaptadas y modificadas, también se cultiva en forma vertical con mangas plásticas o con latas de desecho etc.; sin embargo, se da el caso de camas de madera y asbesto, especialmente elaboradas para esta actividad con las medidas calculadas de profundidad y distanciamiento según los cultivos escogidos. Todo depende del espacio y materiales disponibles en el sitio seleccionado, de las necesidades o de la capacidad económica y del interés que se tenga en el proyecto. Cuando se construye el contenedor, se debe pensar en la comodidad del productor en cuanto al manejo del cultivo, en la facilidad para la revisión y muestreo de plagas o enfermedades, para la limpieza y eliminación de hojas viejas dañadas o muertas, para la aplicación de la solución nutritiva y la cosecha. Para el caso particular de este manual, se ha considerado que el "contenedor" o cajón donde se colocará el sustrato y sobre el cual se siembran las plantas, debe medir alrededor de un metro cuadrado.



Foto 4. Contenedor de madera con patas independientes

Utilice siempre materiales que pueda adquirir fácilmente, económicos y de fácil manejo. Existen materiales de desecho que pueden servir perfectamente para este fin; por ejemplo, madera de tercera de bajo precio, o tarimas de madera desechadas, etc.

La figura 1 puede dar una idea del contenedor a construir; para obtenerlo corte:

- 2 reglas de 80 cm (ancho interno del contenedor)
- 2 reglas de 125 cm (largo del contenedor)
- 4 reglas de 84 cm o sea 1 vara (patas del contenedor) clavadas de dentro hacia fuera, así las puntas de los clavos no llegan a romper el forro plástico que cubrirá la parte interna del contenedor
- Las reglas de fondo que sean necesarias
- Otras que den soporte al contenedor, clavándolas entre una pata y otra.
- Plástico negro utilizado en construcción, para forrar el fondo y caras internas del contenedor.

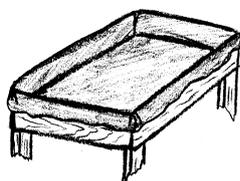


Fig 1. Construcción del contenedor y su cobertura con polietileno negro

Al forrar el contenedor con plástico se evita que la solución nutritiva que se vierte sobre el sustrato, se derrame sobre los materiales del contenedor y que sea absorbida por ellos y no sea aprovechada por las plantas. Normalmente se utiliza un plástico resistente (alrededor de 8 milésimas de pulgada) usado comúnmente en construcción por lo que se puede adquirir en ferreterías o depósitos de madera; el color negro impide el paso de la luz y no permite el crecimiento de algas.



Foto 5. Colocando el plástico para cubrir el contenedor

A un lado del contenedor y a 1 centímetro sobre el nivel del fondo, perfora un orificio de salida (drenaje) con una broca de 3/8 de pulgada, de esta manera se puede evacuar el exceso de agua. Como se muestra en la figura 2 coloque en el agujero un cabo de manguera de 4 mm de diámetro interno, cuidadosamente de manera que el plástico no se rompa más de lo necesario.¹

¹ Comunicación personal con el Ing. Alvaro Chaves Benavides Agente de Extensión del ASA de Coronado, Ministerio de Agricultura y Ganadería.

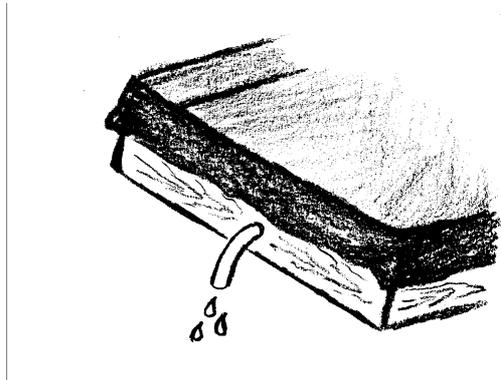


fig 2. Ubicación del drenaje en el contenedor

Raíz flotante:

En este sistema no se utiliza sustrato sólido, las raíces están sumergidas directamente en la solución nutritiva. Se utilizan láminas de "estereofón" a las que se les perforan agujeros en donde se asientan las plantas, y luego se ponen a flotar sobre la solución nutritiva, la cual debe ser aireada periódicamente para brindarle oxígeno a las raíces. En este caso al contenedor **no** debe perforarsele agujero de desagüe.

Se puede decir que este sistema representa la verdadera hidroponía, ya que el trabajo se realiza en agua, a la que se le agregan los nutrimentos minerales.

Con esta técnica se debe proceder en forma diferente desde el inicio; el almácigo, normalmente se realiza en recipientes pequeños y de fácil manipulación (50 cm x 50 cm); deben hacerse sobre sustrato muy suelto, tal como piedra pómez, piedra roja fina, arena o algo similar, con la intención de que las raíces se suelten fácilmente del sustrato cuando se trasladen en forma definitiva al área de producción. Cuando las plantitas están listas para el trasplante, se sacan con cuidado para no romper las raíces.

Otra forma muy cómoda de realizar los almácigos, es utilizando cubitos de espuma de uretano u otros materiales como "oasis" o "jiffy", a los cuales se le hace una pequeña hendidura donde se coloca la semilla, esto permite individualizar las plántulas. Luego, el cubito se coloca en una bandeja sobre una delgada lámina de agua que le permita germinar. Una vez que la plántula desarrolle las primeras hojas verdaderas, se sustituye la lámina de agua por solución nutritiva para plantas jóvenes.

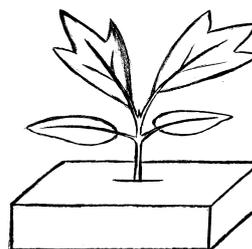


Fig 3. Plántula proveniente de semilla germinada dentro de "cubo" de espuma de uretano, oasis o jiffy

Sobre el contenedor de 10 o 15 cm de profundidad, siempre forrado con plástico negro, se colocan las láminas de "estereofón" que sirven como soporte de las plantas, las cuales cuelgan sus raíces y las sumergen dentro de la solución nutritiva, como se muestra en la figura 4.

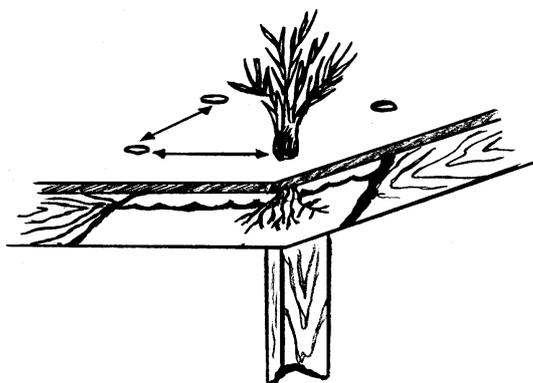


Fig 4. Técnica de raíz flotante

El apio y la lechuga, cultivos que se adaptan muy bien a ésta técnica, requieren de dos trasplantes debido a que las plantas crecen lentamente, de esta forma se aprovecha mejor el espacio, se ahorra agua y nutrimentos.

Para el primer trasplante es conveniente utilizar una lámina de "estereofón" de media pulgada de grueso, sobre ella realice los agujeros de una pulgada de diámetro cada 10 cm; en ellos se colocarán las plántulas. Lave las raíces para eliminar residuos si el almácigo se ha realizado sobre sustrato antes de colocarlas en el "estereofón".

Recuerde que la plántula se fija al hueco por medio de espuma de uretano, y que para plantas jóvenes solo se requiere la mitad de la dosis de solución nutritiva que se usa para las adultas.

En lechuga el segundo trasplante puede realizarse alrededor de 15 a 18 días después del primero; en el caso del apio que se desarrolla más lentamente, es conveniente hacerlo a los 30 días.

Es indispensable proporcionarles aire a las raíces, para ello la solución nutritiva debe estar oxigenada; en términos generales se dice que niveles por debajo de 3 o 4 mg/l de oxígeno en la solución, producen una disminución en el crecimiento y una coloración pardusca en las raíces. Estos síntomas son fáciles de detectar por lo que permiten corregir esa deficiencia a tiempo.

El método casero de oxigenar las raíces consiste en levantar el "estereofón" y agitar con la mano vigorosamente la solución por unos minutos, creando con ello burbujas de aire (dos a tres veces diarias son suficientes).



Foto 6. Sra. Rita Díaz con producción casera de apio bajo sistema raíz flotante, Lourdes Montes de Oca, 2003

Para la nutrición de las plantas mediante este sistema, se prepara la solución nutritiva a una concentración relacionada con el volumen del contenedor; para calcularla, primero se mide el contenedor, y una vez conocido su volumen se multiplica por los mililitros requeridos de cada Solución Madre, como se muestra en el siguiente ejemplo:

Largo 100 cm (1 metro)
 Ancho 100 cm (1 metro)
 Profundidad 10 cm (0,1 metro)

100 cm x 100 cm x 10 cm= 100.000 cm³(ó ml) ÷ 1000 litros = **100 litros**²

Si se agregan **5 ml (mililitros) de solución Madre A en un litro de agua** para obtener un litro de solución nutritiva, quiere decir que se necesitan 500 ml de solución **Madre A** para agregar a los 100 litros de agua que le caben al contenedor; de igual forma se procede con la solución **Madre B**.

Otras posibles técnicas

Técnica de la película nutritiva (NFT):

La técnica consiste en hacer fluir con cierta frecuencia una capa fina o "chorrito" de solución nutritiva por conductos cerrados (algunos usan tubos), para mojar las raíces de las plantas que se encuentran insertadas en esos conductos. Es uno de los métodos que se están utilizando más recientemente en otros países para la producción comercial de lechuga. En nuestro país casi no se usa porque los costos son muy elevados.

El conducto donde se encuentran las raíces debe estar cerrado y oscuro para evitar la pérdida de la solución y la entrada de luz. El flujo de solución nutritiva se aplica repetidamente varias veces al día, puede ser una recirculación continua las 24 horas del día o el NFT modificado (Universidad La Molina en Perú) recirculación de 15 minutos cada hora. En este último caso la frecuencia de aplicación puede variar según las condiciones climáticas para evitar la deshidratación de las plantas. Con este sistema se logra una fácil oxigenación de las raíces y a la vez la absorción de los elementos necesarios para su nutrición.

Aeroponía:

En esta técnica las raíces son asperjadas ("atomizadas") con la solución nutritiva cada cierto tiempo, la frecuencia de aplicación, al igual que en la técnica anterior dependerá principalmente de las condiciones climáticas. A pesar de ser el sistema más moderno, es la técnica menos utilizada comercialmente.

Fue desarrollada por el Dr. Franco Massantini en la Universidad Italiana de Pí. Originalmente utilizó cilindros de PVC colocados en posición vertical como columnas de cultivo; perforó huecos en las paredes del cilindro en donde introdujo las raíces de las plantas. Dentro del cilindro, una tubería con aspersores, pulveriza la solución nutritiva que baña las raíces, las cuales se mantienen en plena oscuridad y reciben la mayor cantidad de aire que cualquier sistema puede ofrecer; esa es una de las grandes ventajas de esta técnica.

Otras innovaciones a este sistema se han desarrollado en Australia, el Aero-Geo System (AGS), el cual permite proyectar la solución nutritiva a baja presión, gotas finamente pulverizadas.

III. Alimentación de las plantas

En este texto no se pretende profundizar en conceptos, fórmulas ni cálculos complicados, simplemente se desea mostrar, de una forma breve y sencilla las sales o compuestos químicos que son requeridos por los cultivos para su nutrición. Debe quedar claro que de la nutrición de las plantas depende la mayor parte del éxito de la actividad y en ella se ha basado el desarrollo de esta técnica.

A. Elementos minerales indispensables:

Existen 16 elementos que son esenciales para el desarrollo y producción en la mayoría de las especies vegetales; ellos son: Carbono (**C**), Hidrógeno (**H**), Oxígeno (**O**), Nitrógeno (**N**), Fósforo (**P**), Potasio (**K**), Calcio (**Ca**), Magnesio (**Mg**), Azufre (**S**), Hierro (**Fe**), Manganeso (**Mn**), Zinc (**Zn**), Cobre (**Cu**), Boro (**B**), Molibdeno (**Mo**) y Cloro (**Cl**).

Las plantas obtienen el carbono del CO₂ del aire, mientras que el oxígeno y el hidrógeno lo aprovechan principalmente del agua (H₂O).

Es así que de los 16 elementos requeridos, solo 13 deben ser agregados al agua para formar la solución nutritiva ó 12 si se utiliza agua clorada de la cañería.

² cm = centímetros; cm³ = centímetros cúbicos; ml = mililitros

Los elementos **N-P-K-Mg-Ca** y **S**, son llamados elementos “mayores” o macronutrientes porque son requeridos por las plantas en mayores cantidades que los llamados elementos “menores”.

Los microelementos o elementos menores son **Fe-Mn-Zn-Cu-B-Mo** y **Cl**, los cuales son esenciales pero en pequeñas cantidades.

B. Funciones y síntomas de deficiencias nutricionales:

Las deficiencias nutricionales se presentan por la cantidad insuficiente o ausencia de uno o varios elementos esenciales. Cada elemento tiene funciones definidas; los síntomas son las manifestaciones de la carencia de esos nutrientes, algunos de los cuales son muy típicos. Es conveniente conocer el síntoma que produce la deficiencia de cada elemento para poder corregirla, llevar el nutriente a un nivel adecuado y evitar problemas en cuanto a vigor, desarrollo, salud de la planta y calidad del producto cosechado; sin embargo, no es conveniente esperar a que se presenten los síntomas para suplirle una buena nutrición a las plantas, pues casi siempre cuando los síntomas son evidentes ya es tarde.

Nitrógeno:

El Nitrógeno (**N**) es componente de los aminoácidos, los cuales, al unirse entre sí formarán las proteínas, enzimas y los ácidos nucleicos. Las proteínas son compuestos estructurales de las plantas, las enzimas catalizan o activan procesos químicos y los ácidos nucleicos son los encargados del código genético. El **N** también es parte integral de la clorofila, que es la molécula que propicia la fotosíntesis de las plantas, por lo que promueve el rápido y suculento crecimiento de los vegetales y se le atribuye el saludable color verde de los mismos cuando se encuentra en los niveles adecuados. Por lo tanto, la carencia de este elemento produce inicialmente una decoloración conocida como clorosis (verde pálido) en las hojas más viejas, o un desarrollo raquíptico y amarillento generalizado de las plantas cuando la condición es más severa.

Fósforo:

Por su parte el Fósforo (**P**), es componente de compuestos que acumulan y transfieren energía en forma química, colaboran en el desarrollo y formación de raíces, en la maduración de frutos y en la formación de semillas. Su deficiencia causa un típico color púrpura en las hojas, raquitismo y menor rendimiento o producción de frutos y semillas.

Potasio:

El Potasio (**K**) interviene en el transporte de agua y azúcares dentro de la planta, por lo que tiene gran responsabilidad en la calidad de los frutos; colabora en la producción de proteínas y en la resistencia a enfermedades. Bajos niveles de potasio causan típica quema de bordes y puntas de las hojas, reducción en cosecha y calidad de frutos, pobre desarrollo radical y mayor susceptibilidad a las enfermedades.

Calcio:

El Calcio (**Ca**) forma parte de una lámina que se ubica entre las paredes celulares por lo que brinda rigidez y estabilidad a la estructura de la planta. También participa en la formación de hojas, raicillas y con la producción de semillas, además de que tiene que ver con la estructura y permeabilidad de las membranas celulares. Es componente del “jugo” celular e interviene en la apertura y cierre de los estomas. Es requerido por las bacterias fijadoras de nitrógeno y ayuda a activar varios sistemas enzimáticos.

La carencia de este elemento produce un pobre crecimiento radical, las pocas raíces se oscurecen y pudren. Debido a que el calcio no es móvil dentro de la planta, su deficiencia ocasiona deformación (acuchamiento) de las hojas nuevas o inhibe el desarrollo de los brotes terminales, y provoca la “quema” en las puntas de hojas y frutos jóvenes.

Magnesio:

El Magnesio (**Mg**) es el átomo central de la molécula de clorofila, por lo que actúa en los procesos de captación de energía de la luz solar en la fotosíntesis. Además, participa en el transporte del fósforo, en la síntesis de azúcares y aceites, y se concentra abundantemente en las semillas. También interviene activando sistemas enzimáticos y en procesos de respiración.

Cuando sus niveles son insuficientes en la planta, el síntoma típico es la pérdida de color verde entre las nervaduras de las hojas viejas ya que éste se moviliza dentro de la planta hacia las hojas en formación. También puede aparecer un color bronceado o rojizo en algunas especies y se evidencia una debilidad en los tallos.

La disponibilidad del magnesio se ve afectada por altos niveles de potasio.

Azufre:

Este elemento (**S**) es parte de algunos aminoácidos que integran ciertas enzimas; además, colabora en la producción de semillas, en la nodulación de las leguminosas y en la formación de la clorofila.

El color verde pálido y lento crecimiento de los vegetales, son síntomas de su deficiencia, mientras que hojas arrugadas o enrolladas y tallos delgados demuestran una condición severa. Otras plantas presentan coloraciones rojizas en el envés de las hojas y en los tallos.

Hierro:

Este metal (**Fe**) interviene en el transporte de oxígeno y en la síntesis de proteínas, es también un activador enzimático y participa en la formación de la clorofila y en otros procesos enzimáticos que tienen que ver con la respiración y la fijación de nitrógeno. El color verde pálido llamado clorosis, acentuado entre las venas de las hojas, es uno de los síntomas de su deficiencia. Al igual que el cobre, el hierro tampoco se mueve dentro de la planta, por lo que los síntomas son evidentes en las hojas más jóvenes.

El pH alto reduce la disponibilidad de éste elemento para la planta.

Manganeso:

Es otro metal (**Mn**) que interviene como activador enzimático y que también colabora con la síntesis de clorofila. Además, actúa en la germinación y ayuda en la disponibilidad de fósforo y calcio. Su deficiencia se manifiesta en ciertos casos como puntos café oscuros; en algunos cultivos aparecen zonas grises en la base de las hojas jóvenes, debido a que es otro elemento que tampoco se mueve mucho dentro de la planta. El pH alto o alcalino también afecta su disponibilidad.

Cobre:

El cobre (**Cu**) también actúa como activador enzimático y en reacciones para la formación de la clorofila, síntesis de proteínas y metabolismo de carbohidratos. A falta de este elemento no se llega a formar el grano; ciertas hortalizas como la cebolla se rajan, otras se enrollan y toman coloraciones azul verdosas, puede darse la muerte descendente y por supuesto, no llegan a florecer.

Zinc:

Este metal (**Zn**) interviene en varios procesos enzimáticos que permiten el crecimiento de las plantas. Además es precursor en la formación del ácido indolacético que es un regulador del crecimiento.

En ciertos cultivos la deficiencia de zinc se muestra como color amarillento claro en las primeras etapas de crecimiento, especialmente en las hojas jóvenes. En otras plantas aparece un color bronce con reducción en el tamaño de las hojas y retraso en el crecimiento. Es imposible obtener altos rendimientos cuando falta este elemento.

El zinc es menos disponible cuando sube el pH; deben manejarse soluciones entre 5,0 y 7,0 para evitar reducir significativamente su disponibilidad.

Boro:

El Boro (**B**) es importante en el transporte de azúcares, en la formación de proteínas, y tiene influencia sobre componentes específicos de la membrana celular que permiten la mejor absorción de fósforo, cloro y potasio. Tiene que ver con la formación de las paredes celulares, con el tubo polínico durante la germinación de los granos de polen y con la formación de semillas. Cuando se presenta la deficiencia de boro la planta detiene su crecimiento dado que no se producen tejidos nuevos. Los síntomas varían según la especie vegetal, pero éstos incluyen: muerte descendente, corazón negro, centro hueco, tallo torcido, tejidos terminales en forma de roseta y formación de fruta corchosa.

El Boro se encuentra disponible para la planta, en un rango de pH de 5,0 a 7,0 y se reduce la absorción al incrementarse la alcalinidad (pH alto).

Molibdeno:

Este elemento (**Mo**) está muy relacionado con el nitrógeno dentro de la planta; tanto para la activación de la enzima nitrato-reductasa que participa en la conversión del nitrógeno a su forma amoniacal, como para la fijación del **N** por medio de las bacterias *Rhizobium* y *Frankia* en las leguminosas. También interviene en la conversión del fósforo a formas orgánicas.

Cuando falta, aparece inicialmente como una clorosis general, semejante a los síntomas de deficiencia de nitrógeno. Posteriormente puede llegar al amarillamiento cuando la planta ya no crece.

Conforme el valor de pH sube, el molibdeno se torna más disponible, por lo que las deficiencias ocurren cuando la acidez es mayor (pH bajo).

C. Soluciones Nutritivas

Mientras ciertos autores apoyados en algunas investigaciones indican que no existe una solución ideal para un cultivo en particular, y que los rangos o concentraciones de nutrientes a suministrar a las especies vegetales dependen más bien de la etapa de desarrollo en que se encuentre el cultivo, de la parte de la planta a cosechar, de la calidad del agua, o de las condiciones climáticas del momento, existen; sin embargo, otros autores que han elaborado sus propias soluciones, algunas referidas a cultivos específicos, y otras diseñadas especialmente para las diferentes técnicas hidropónicas. Con ello queremos decir que es posible encontrar soluciones nutritivas ya preparadas, con diferentes niveles de sales minerales. Asimismo, de ser necesario, un productor con alguna capacitación podría elaborar su propia solución nutritiva.

Como un ejemplo de lo que está compuesta una solución nutritiva, en el cuadro 2 se citan 3 de las soluciones más conocidas, la Hoagland y otras dos soluciones utilizadas por pioneros de esta técnica.

Cuadro 2. Comparación de solución nutritiva elaborada por Hoagland con la de Sachs y Knop

Compuesto	Hoagland g/l	Sachs g/l	Knop g/l
KNO ₃	1,020	1,000	0,200
Ca(NO ₃) 4H ₂ O	0,492		0,800
NH ₄ (H ₂ PO ₄)	0,230		
Ca ₃ (PO ₄) ₂		0,500	
KH ₂ PO ₄			0,200
MgSO ₄ 7H ₂ O	0,490	0,500	0,200
H ₃ BO ₃	2,860 mg		
MnCl ₂ 2H ₂ O	1,810 mg		
CuSO ₄ 5H ₂ O	0,080 mg		
ZnSO ₄ 5H ₂ O	0,220 mg		
Na ₂ Mo ₄ H ₂ O	0,090 mg		
FeSO ₄ 7H ₂ O 0,5%	0,600 ml	Trazas	
FePO ₄			Trazas
NaCl		0,250	

Además en el cuadro 3 se observa el rango conveniente de pH que permite a las plantas una absorción adecuada de los elementos nutritivos sin riesgo de carencias de ninguno de ellos. En el cuadro 4 se muestra cuales elementos "no se quieren entre sí" o sea, que son antagonicos, y que pueden inducir problemas cuando uno está en mayor cantidad de la necesaria. También, se señalan aquellos elementos que si se presentan juntos, uno mejora el efecto del otro, relación conocida como sinergismo.

Cuadro 3. Porcentaje de absorción de los elementos nutritivos respecto a la acidez del medio (pH).

pH	N	P	K	S	Ca	Mg	Fe	Mn	B	Cu	Zn	Mo
6,0	100	40	100	100	60	60	100	100	100	100	100	60
6,5	100	100	100	100	80	80	80	100	100	100	100	80

Fuente: Centro Regional de Ayuda Técnica AID

Cuadro 4. Antagonismo y sinergismo entre los elementos nutritivos.

Antagonismo →		Sinergismo →	
Ca	Mg; K	P	Mg
K	Mg	N	Mg
N	K	K	Mn
K	B	N	P*
Cu	Fe	N	K*
P	Zn		
P	K		

Fuente: Ing. Miriam Ramírez, comunicación personal, INA
*Ing. Floria Bertsch MSc., comunicación personal. CIA

Para el caso que nos ocupa, que es iniciar una pequeña huerta hidropónica, es más sencillo y cómodo recurrir a soluciones ya preparadas.

En el mercado local, varias empresas comerciales de agroquímicos, viveros, algunas cadenas de ferreterías y supermercados expenden sales minerales o las soluciones concentradas ya preparadas. Al final de este documento, en el **anexo 1** se encontrará referencia de algunas otras casas comerciales.

En el momento que se piense en una producción mayor e incluso comercial, resulta más económico elaborar las propias soluciones madre o soluciones concentradas.

Preparación de las Soluciones Madres o Concentradas:

Esta sección del manual esta dedicada al productor hidropónico que desea elaborar su propia solución nutritiva, ya sea porque resulta más económico, dado que piensa producir a una escala mayor como se mencionó anteriormente, o porque considera que el cultivo o variedad específica que desea producir necesita de un rango más adecuado de las sales utilizadas, de tal manera que pueda brindarle niveles nutricionales más ajustados a las necesidades que requieren las diferentes etapas de desarrollo, y de esta forma elevar la calidad y cantidad de la producción.

Para empezar deben conocerse los diferentes compuestos que pueden utilizarse en la preparación de las soluciones nutritivas; además, de los niveles utilizados (balance entre iones y cationes, pH, etc.), y las sales que se expenden en el mercado. Debe prestarse especial atención a la solubilidad de cada una de ellas (principal factor a considerar, más que su costo), pues aunque algunas formulaciones son más baratas que otras, debe elegirse aquella que presente la más alta solubilidad a fin de brindar mayor disponibilidad de nutrientes minerales a las plantas.

Cabe mencionar que los fertilizantes comunes pueden ser utilizados para hidroponía, pero debemos decir que también existen en el mercado sales de alta calidad, muy solubles, conocidas como grado para fertirrigación, grado industrial o grado técnico; algunas de las empresas (anexo 1) que expenden materiales para hidroponía, ofrecen varias de estas sales³.

La solución nutritiva es agua, más los elementos esenciales que necesitan las plantas disueltos en ella y las burbujas de aire que permiten la respiración de las raíces. Esta es la parte fundamental de la hidroponía, ya que de ella depende, más que en los otros factores, tanto la cantidad como la calidad de la producción que se pueda obtener.

Se debe hacer referencia a otros factores que se toman en cuenta al preparar una solución nutritiva, ellos son: la relación que existe entre los cationes y los aniones, esto es el balance entre cargas positivas y negativas; la conductividad eléctrica (por medio de ella se estima la concentración de los nutrimentos); el pH (acidez del medio), la temperatura del agua y el tipo de sales influye en la disponibilidad de los nutrientes minerales; y la relación NO₃ : NH₄ (nitrato:amonio).

En general, para la medición de esos factores se requiere de equipo especializado. Por el momento, es importante mencionar ahora el por qué de la relación que debe existir entre el nitrato y el amonio en la solución nutritiva. En hidroponía es conveniente que el 90% del nitrógeno se aplique en la forma nítrica (NO₃) y el restante 10% en forma amoniaca (NH₄). Los estudios indican que si esta última forma llega a sobrepasar el 40% puede producir toxicidad y muerte de las raíces, lo anterior debido a que el amonio, una vez absorbido, debe ser utilizado inmediatamente por la planta para la síntesis de aminoácidos y otros compuestos nitrogenados y no siempre la planta está preparada para utilizarlo en forma inmediata,

³ Comunicación personal con el Ing. Eloy Molina Rojas MSc. CIA, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica

además acidifica el medio de cultivo, y compite con la absorción de calcio y magnesio. Solo se recomienda aplicarlo en niveles mayores al 10% en aquellas condiciones de sol brillante, cuando la actividad fotosintética es muy alta o en casos de presentarse una marcada deficiencia de nitrógeno en el cultivo.

El proceso de preparación de la solución nutritiva se inicia con la confección de las Soluciones “Madre” o Concentradas; de ellas se tomarán posteriormente pequeñas dosis, para ser diluidas en cantidades específicas de agua, y esta última preparación será la solución nutritiva que se aplicará a las plantas para su alimentación.

Como se indicó anteriormente, existen varias maneras de preparar soluciones madres; una de ellas por ejemplo, es la utilizada por la FAO, la cual se muestra en el cuadro 5:

Cuadro 5. Preparación de 10 litros de solución madre A y 4 litros de Solución B según FAO.

Solución Madre	Nombre de la Sal	Fórmula	G
A	Fosfato monoamónico	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	340 g
A	Nitrato de calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	2080 g
A	Nitrato de potasio	KNO_3	1100 g
B	Sulfato de magnesio	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	492 g
B	Sulfato de cobre	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,5 g
B	Sulfato de manganeso	$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	2,5 g
B	Sulfato de Zinc	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	1,2 g
B	Ácido bórico	H_3BO_3	6,2 g
B	Molibdato de amonio	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$	0,02 g
B	Quelato de hierro	FeEDTA	8,46 g

Fuente: Video La Huerta Hidropónica Popular, curso audiovisual, FAO, 1993

En este caso, en forma independiente y en recipientes de 10 y 4 litros, se preparan 2 Soluciones Madre, A y B, disolviendo en cada uno de ellos en forma individual las sustancias descritas en el cuadro 5.

Por otra parte el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), ha desarrollado una forma sencilla, utilizando productos que se pueden comprar fácilmente en el mercado local. Con este método se preparan 3 soluciones madre (concentradas o “siropes”); una denominada “A” con elementos mayores cuyos compuestos no reaccionan entre ellos y se mantienen disueltos en el agua; una solución “B” que comprende todos los elementos menores y una solución “C” que contiene nitrato de calcio, el cual no se incluye en la solución “A” debido a que reaccionaría con el Sulfato de Magnesio, formando “yeso”, que es insoluble y por lo tanto precipitaría acumulándose en el fondo del recipiente sin ser aprovechado por las plantas.

El cuadro 6 muestra las sales nutritivas, el porcentaje de concentración de cada elemento que aporta cada una y la cantidad requerida para preparar 4 litros.

Cuadro 6. Cantidad de las sales minerales para la preparación de las soluciones Madre tipo INA.

Solución Madre	Nombre de la sal	Fórmula	%	Gramos/4 litros de agua
A	Fosfato monopotásico	KH_2PO_4	55% P_2O_5 30% K_2O	200
A	Nitrato de potasio	KNO_3	46% K_2O 13% NO_3	464
A	Sulfato de magnesio	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	9% Mg 12% SO_4	428
C	Nitrato de calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	23,5% Ca. 16,5 N	680
B	Ácido bórico	H_3BO_3	16,4% B	4
B	Fertilón Combi 1			20

Fuente: Proyecto de Hidroponía. INA. 2003. (formulada por Freddy Soto)

La diferencia con la anterior es que, para evitar riesgos se usan 3 soluciones Madre y la de menores se prepara a partir de formulaciones comerciales.

Aplicación de la solución nutritiva:

Es importante saber que al elaborar las soluciones nutritivas se deben respetar los rangos mínimos y máximos en cuanto a la concentración de los compuestos químicos a aplicar. Por medio de investigaciones realizadas, se han establecido niveles óptimos que evitan altas concentraciones de sales que pueden afectar negativamente a las plantas o los consumidores. En el cuadro siguiente se estipulan los niveles de aceptabilidad que utiliza el INA.

Cuadro 7. Niveles aceptables en mg/l (ppm) de cada elemento en una solución nutritiva y principales formas de absorción (INA)

Elemento	mg/l (ppm)	Peso molecular	Forma de absorción
N	150-250	14,01	NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻
P	20-60	30,97	H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ⁼
K	200-300	39,10	K ⁺
Ca	120-200	40,08	Ca ⁺
Mg	30-50	24,31	Mg ⁺⁺
S	50-100	32,06	SO ₄ ⁻
B	0,3-0,6	10,81	H ₃ BO ₃
Cu	0,5-2	63,54	Cu ⁺⁺
Fe	0,5-0,8	55,85	Fe ⁺⁺
Mn	0,01-0,06	54,94	Mn ⁺⁺
Mo	0,1-0,3	95,94	MoO ₄ , HMoO ₄
Zn	0,1-0,3	65,37	Zn ⁺⁺
Cl	50-100	35,45	Cl ⁻
Na	<50	22,99	Na ⁻

Fuente: Proyecto de Hidroponía, INA 2003. (elaborada por Freddy Soto)

En el caso de las soluciones Madre tipo FAO, para preparar la solución nutritiva que se aplica a las plantas adultas, se requieren por cada litro de agua 5 ml de **A** y 2 ml de **B**. En caso de necesitar 2,5 l de agua para regar completamente un contenedor de 1 m²; multiplique 2,5 x 5 = 12,5 ml de A y 2,5 x 2 = 5 ml de B, agregados a los 2,5 l de agua por cada riego.

Cuando se utiliza la soluciones Madre INA para alimentar plantas adultas, utilice por cada litro de agua 5 ml de la solución Madre **A**, 5 ml de la solución Madre **C** y 2,5 ml de la solución Madre **B**. Como el caso anterior; por ejemplo, si un contenedor de 1 m² consume 2,5 litros de agua por cada riego, se deben tomar las siguientes cantidades de las Soluciones Madre:

- 5 ml de solución madre A x 2,5 de agua = **12,5 ml de A**
- 5 ml de solución madre C x 2,5 de agua = **12,5 ml de C**
- 2,5 ml de solución madre B x 2,5 de agua = **6,25 ml de B**

En la siguiente figura se ilustra como hacerlo.

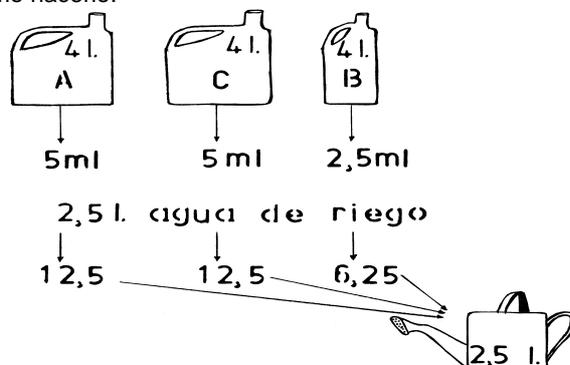


Fig 5. preparación de la solución nutritiva a partir de soluciones madre



Foto 7 Sra. Rita Díaz aplicando la solución nutritiva a lechugas recién trasplantadas, producción casera, Lourdes Montes de Oca 2003.

En plantas jóvenes (antes del trasplante), utilice a mitad de la dosis requerida para plantas adultas.

Control de la solución nutritiva para los sistemas Raíz Flotante y NFT:

Cuando la solución nutritiva es utilizada en forma continua, como es el caso del sistema NFT, donde una vez aplicada es recogida en un tanque para ser reutilizada posteriormente, o el método Raíz Flotante, donde dicha solución permanece en contacto continuo con las raíces; es normal que la concentración de las sales poco a poco vaya cambiando debido a la absorción diferencial de los elementos por parte de las raíces. Son varios los factores que participan o tienen influencia en este proceso: las condiciones ambientales (intensidad lumínica, humedad y temperatura), la especie vegetal cultivada o el estado fenológico en que se encuentre la planta (crecimiento vegetativo, estado reproductivo o fructificación). Por tal razón es necesario revisarla periódicamente, para que en el momento que se encuentre diferencia en las concentraciones de los nutrientes, la solución sea corregida y llevada a los niveles adecuados.

Técnicamente la revisión de la solución implica medir la conductividad eléctrica (CE); dicho procedimiento requiere el uso de un conductímetro, cuya adquisición y manejo se sale del ámbito de este manual; sin embargo, para nuestro proyecto casero, existe una forma práctica para adecuar la solución nutritiva, la cual se explicará más adelante. En forma general debe conocerse que la conductividad eléctrica indicará la concentración de las sales en la solución nutritiva; a mayor C.E. mayor concentración de sales. En condiciones soleadas, secas y ventosas, aumenta la evapotranspiración de la planta, la cual consume igual cantidad de nutrientes pero mayor cantidad de agua, la cual debe reponerse para estabilizar la concentración. A menor C.E., menor concentración de sales en la solución nutritiva; se expone el cultivo a deficiencias minerales, por lo que conviene agregar los nutrimentos minerales para adecuar los niveles, o preparar una solución totalmente nueva.

También se hace necesario medir el pH (grado de acidez o alcalinidad) de la solución nutritiva; dependiendo de su nivel, los elementos nutritivos estarán algunos más disponibles y otros menos, para ser absorbidos por las raíces. Con pH entre 6,0 y 6,5, las plantas pueden absorber adecuadamente todos los elementos nutricionales requeridos por ellas.

Existen varios métodos para medir el pH, desde el "peachímetro"; el uso de reactivos indicadores como el azul de bromotimol y el ácido alizarin sulfónico, hasta el más sencillo que son las cintas que cambian de color según la acidez o alcalinidad; en el primer caso el instrumento da la lectura directamente, mientras que con los reactivos indicadores, deben agregarse una gota de cada uno a las dos muestras de 2 ml de la solución, el color que se compara con una carta de colores. Con el tercer método la cinta se pone en contacto con la solución lo que le provoca un cambio de color y al igual que en el caso anterior se compara con una carta de colores. Si es necesario corregir, se agregan soluciones acidificantes o alcalinizantes; existen otros métodos que requieren mayor experiencia.

Para condiciones de producción casera, que es nuestro caso, en donde no se cuenta con aparatos sofisticados que nos den datos exactos, se recurren a métodos prácticos que han sido probados con buenos resultados. Para reponer las sales consumidas por las plantas y nivelar las concentraciones en la solución nutritiva, se procede de la siguiente manera:

- a) Marcar el nivel donde llegó la solución nutritiva cuando se aplicó inicialmente (nivel original).
- b) Cuando el volumen de la solución ha disminuido, debe reponerse el agua perdida hasta llegar al nivel original.
- c) Cada tercera vez que deba reponerse agua, es necesario agregar la mitad de la dosis de sales que corresponden a la cantidad de agua repuesta.

El siguiente ejemplo puede ser más claro (usando Soluciones Madre tipo FAO):

Si en una tercera ocasión, al reponer el agua perdida por evaporación y transpiración, se ocupan 10 litros de agua para llegar al volumen original, se agregarán únicamente 25 ml de solución Madre A y 10 ml de solución Madre B, que es la mitad de la dosis que corresponderían a 10 litros de solución nutritiva (ya que la dosis normal para 10 litros es de 50 ml A y 20 ml B).

Como ya se ha indicado, la cantidad de nutrientes que requieren las plantas varía de una especie vegetal a otra; es posible que cambien entre variedades de una misma especie; además los requerimientos también varían según la etapa fenológica en que se encuentren (crecimiento vegetativo, floración, fructificación) y según las condiciones ambientales imperantes. Solo después de algún tiempo de trabajar con una variedad específica y realizar las pruebas respectivas, se podrán establecer niveles cercanos a los que dichas plantas requieren.

IV. Plagas y enfermedades:

En cualquier cultivo, durante su desarrollo y producción, es normal que aparezcan plagas y enfermedades que ataquen las plantas alterando las buenas condiciones de crecimiento y afectando tanto la cantidad como la calidad de la producción.

Para el control tanto de las plagas como de los patógenos, existen las prácticas tradicionales que involucran el uso de productos químicos sintéticos, que al ser tóxicos para los enemigos de las plantas, pueden serlo también para otros animales y humanos en mayor o menor grado.

Existen formas alternativas para reducir la incidencia de las plagas y enfermedades. El uso de algunas sustancias orgánicas, pueden actuar en forma biológica o repelente, sin causar peligro a los consumidores ni afectar el medio ambiente.

Es necesario que el productor pueda reconocer la mayoría de los organismos que se mueven y habitan dentro de sus cultivos; algunos son benéficos, se alimentan y controlan las poblaciones de las plagas. La revisión diaria en las primeras horas de la mañana requiere de unos pocos minutos; la práctica normal es observar el envés de las hojas (cara de abajo), levantando lentamente y con cuidado algunas de ellas; esta es la forma más sencilla en que el productor hidropónico realiza un adecuado reconocimiento de la condición general del cultivo, y le permite tomar acciones para el inmediato control de los enemigos de su huerta.

Plagas más comunes y su control:

Las plagas más comunes que se presentan en los cultivos se pueden separar en:

- Arañitas (Ácaros)
- Babosas (Moluscos)
- Chicharritas y otros (Homópteros)
- Chinchas (Hemípteros)
- Gusanos (larvas de Coleópteros, Dípteros y Lepidópteros)
- Pulgones (Áfidos)
- Vaquitas (Coleópteros, Crisomélidos)

Las **arañitas** o ácaros (tienen 8 patas a diferencia de los insectos que tienen 6), son muy pequeños, su tamaño varía de 0,1 a 0,6 mm por lo que es difícil observarlos a simple vista; aparecen con más frecuencia en la época seca, se alimentan introduciendo el estilete (como una pequeñísima aguja) en las células superficiales de las plantas y succionan la savia, lo que ocasiona la deshidratación, decoloración y deformación de las partes atacadas.

Las **babosas** muy conocidas por todos, y frecuentes en la época lluviosa y fría, son comunes atacando hortalizas; hay unas que son de color café claro y alcanzan de 5 a 7 cm de longitud cuando adultas y otras más pequeñas, de unos 2 a 3 cm, son de color negro o gris. Se alimentan raspando los tejidos con su rádula (lengua raspadora) por lo que causan daños severos al follaje hasta llegar a la defoliación. Son de hábitos nocturnos, por lo que se alimentan durante la noche y de día se esconden en lugares oscuros y húmedos. La colocación de trampas en esos lugares en que gustan esconderse brinda buenos resultados; la cerveza como cebo es un atrayente efectivo.

De la **chicharrita, saltahojas** o **lorito verde**, existe una gran variedad de especies. Algunas miden solo 3 mm otras alcanzan los 15 mm, con patas largas y antenas cortas, se alimentan de savia de las plantas. Pueden causar distorsión en el crecimiento de hojas jóvenes, y algunas son capaces de transmitir enfermedades virales o bacteriales.

Existen múltiples especies de los llamados **chinchés** y atacan gran variedad de cultivos; algunas van de 7 a 9 mm pero otras alcanzan 10 y hasta 13 mm. Tanto en los estados juveniles como los adultos se alimentan succionando la savia de las plantas. En algunas especies solo atrasan el crecimiento, pero en otras pueden inyectar una saliva tóxica causando pudrición local.

Otra de las plagas comunes son los **gusanitos** o **larvas** (etapa juvenil de mariposas y polillas). Casi todas se ocultan en el envés de las hojas y se alimentan comiendo sus bordes, o cavando galerías como el caso del gusano alfiler del tomate (*Keiferia lycopersicella*) o la polilla de la papa (*Phthorimaea operculella*). Otros gusanitos son las larvas de dípteros (moscas), que son minadoras y se ubican dentro de las hojas formando galerías o túneles, tal es el caso de *Liriomyza* spp. Que es muy frecuente en papa, pero que puede atacar tomate, frijol, cucurbitáceas, chile, repollo, etc.

La **mosca blanca** (*Bemisia tabaci*), frecuente en cultivos de tomate, frijol, vainica, yuca y cucurbitáceas, es un insecto pequeño de 1 a 2 mm de largo, con dos pares de alas de color blanco. Normalmente se ubica en el envés de las hojas donde se alimenta chupando la savia. Daño directo solo se da cuando hay grandes poblaciones; sin embargo, son muy eficientes en la transmisión de virus, por lo que muy pocas moscas blancas pueden ocasionar daños muy severos al cultivo.

Pulgones o **áfidos**, son insectos de cuerpo pequeño, globoso y blando; la mayoría son de color verde pero no faltan aquellos cafés oscuros o negros. Algunos poseen alas y otros no, y normalmente viven en grupos. También ayuda a identificarlos unas estructuras características que poseen al final del abdomen llamadas cornículos y cauda. Se encuentran con mayor frecuencia en época seca, pero también pueden observarse en época lluviosa; generalmente se ubican en los brotes nuevos y hojas tiernas que deforman cuando se alimentan succionando la savia de las plantas. También excretan sustancias dulces que atraen a hormigas.

Las llamadas **vaquitas** son otra de las plagas comunes en muchos cultivos; miden entre 5 y 7 mm, y son de vivos y variados colores según la especie. Se alimentan de varias familias de plantas, entre las cuales se encuentran las leguminosas, las crucíferas y las cucurbitáceas. Las larvas atacan solo raíces, mientras que los adultos dañan flores, yemas, vainas y follaje haciendo agujeros irregulares en las hojas, creando un severo daño que puede llegar hasta la defoliación total cuando las poblaciones son altas; además pueden ser transmisoras de enfermedades virales.

Existe en el mercado un sinnúmero de químicos sintéticos para control de plagas; sin embargo, se pretende con este manual, no solo difundir una nueva técnica en la producción de hortalizas, sino también crear conciencia sobre la necesidad de cosechar alimentos inocuos para el consumo humano. Debido a que el contenedor del cultivo se ubicará cercano a la casa de habitación, que se incorpora a esta labor la mano de obra familiar, desde niños de edad escolar hasta adultos mayores, que además se quiere reducir los costos de producción y cuidar el medio ambiente, produciendo cultivos libres de contaminación y finalmente se quiere de esta forma brindarle a la familia alimentos sanos, se considera inadecuado la aplicación de plaguicidas.

Para mantener los cultivos sanos y libres de plagas, se recurre a varios métodos que deben integrarse, esto es hacerlos al mismo tiempo: poner trampas de luz que atraen a los insectos y los dejan atrapados, o usar banderas de plástico amarillo untadas de aceite de transmisión para que los insectos queden adheridos a ellas. La revisión diaria es indispensable para identificar si ha llegado alguna plaga. Por otra parte pueden realizarse aplicaciones ocasionales con extractos de algunas plantas que actúan como repelentes, entre las que se pueden citar: ajo, chile picante, tabaco, eucalipto, orégano, incluso el jabón azul puede aplicarse en conjunto con cualquiera de ellos. Es recomendable que los repelentes se apliquen en forma alterna.

El INA, en el área de Agricultura Orgánica, bajo la dirección de Martín Benavides, ha desarrollado varias mezclas de sustancias con buenos resultados. Entre ellas se pueden citar las siguientes:

Una preparación de melaza que consiste en diluir 2 litros de melaza espesa con 1 litro de agua para “adelgazarla”. De aquí en adelante se nombrará como melaza simplemente pero debe entenderse que es melaza diluida con agua.

A esta base se le pueden agregar los diferentes extractos señalados en el cuadro 8 que actúan como repelentes.

Cuadro 8. 3 Tipos de extractos repelentes de insectos

Melaza diluida	Agregar
----------------	---------

3 litros de melaza	½ kg clavos olor
3 litros de melaza	20 cabezas de ajo
3 litros de melaza	20 chiles picantes

Fuente: Martín Benavides, Agricultura Orgánica INA. 2003

Después de hacer las mezclas las 3 preparaciones deben agitarse cada 2 días y al cabo de 15 se realiza un filtrado por medio de una tela y se pueden aplicar atomizadas. Benavides advierte sobre la diferencia que existe en aplicar estas sustancias en cultivos con tierra y sin tierra; mientras que en los primeros las dosis oscilan entre 15 a 20 ml del extracto por litro de agua, en hidroponía es conveniente probar con dosis de 3 a 5 ml del compuesto por litro de agua en la bomba, ya que no existe suficiente experiencia con esta modalidad de cultivo.

Estos compuestos afectan la actividad de insectos masticadores, minadores y chupadores; además, se ha visto que la mezcla de dos compuestos siempre brinda mejores resultados.

Para el control de ácaros; entre varias sustancias Benavides menciona la infusión de ajeno. Esta se prepara hirviendo 3 litros de agua, a la cual se le agrega 1 kg de ajeno picado; luego de 5 minutos, se deja enfriar. Se filtra y se atomiza en dosis de 100 ml por litro de agua en la bomba; se le puede agregar 5 ml de la preparación con clavo, chile y ajo para reforzar.

También menciona la menta y el romero, preparados en las mismas cantidades, por el método de infusión.

Enfermedades frecuentes y su control

Una enfermedad ocurre cuando tres factores están presentes: el patógeno (el que causa la enfermedad), la planta hospedera y un ambiente favorable al primero. Cuando alguno de ellos falla, por ejemplo, si el ambiente no es favorable la enfermedad no se produce.

Entre los causantes más frecuentes de las enfermedades están: las bacterias; de géneros como *Erwinia* que causan pudriciones suaves, o *Pseudomonas que producen marchitez*. Los hongos más comunes son *Rhizoctonia*, *Fusarium* y *Phytium* en sustratos mal desinfectados o *Cercospora* y *Septoria* en algunas plantas de follaje, así como *Phytophthora* en solanáceas. Los nematodos son menos frecuentes, especialmente si se desinfectan bien los medios de cultivo; mientras que los virus, pueden ser abundantes ya que generalmente son transmitidos por insectos vectores. La mayoría de estas enfermedades se benefician con altas temperaturas y alta humedad, clima muy frecuente en la época lluviosa; pero sobre todo, el factor primordial para la aparición de enfermedades son las deficiencias nutricionales. Tal vez una comparación válida es, un niño mal alimentado, fácilmente se enferma.

Entre las prácticas que deben aplicarse para prevenir la enfermedad están: desinfección de los sustratos, siembra de semillas sanas y de variedades resistentes o tolerantes a enfermedades, podar, deshojar y deshijar para eliminar las partes dañadas o enfermas y suministrar al mismo tiempo mayor aireación, luz y proporcionar al cultivo nutrición adecuada para mantenerlo vigoroso.

Benavides del INA, utiliza funguicidas a base de extractos en melaza como se mencionó anteriormente, pero también se puede utilizar el método de infusión. Una mezcla efectiva es la manzanilla en conjunto con menta y cola de caballo. Medio kilo picado de cada especie en cuatro litros de agua, se ponen a hervir tapados por 5 minutos y luego se dejan enfriar. Filtre y aplique, recordando que en hidroponía se debe empezar con dosis bajas para no quemar las plantas.

En esta área de control de plagas y enfermedades, mediante extractos vegetales, es aconsejable recurrir a especialistas con experiencia; por tal motivo cuando se tenga alguna duda es recomendable consultar a Martín Benavides, quien labora en la Granja Modelo del Instituto Nacional de Aprendizaje, y que puede ser localizado en el **teléfono: 210-66-74**.

V. Cosecha:

Definitivamente está comprobado que la técnica hidropónica proporciona cosechas más abundantes y de mejor calidad cuando se realiza adecuadamente. Un ejemplo de lo anterior se muestra en el cuadro 9, aunque solo son datos de referencia, corresponden a explotaciones con instalaciones especializadas para este tipo de producción, por lo que reflejan las diferencias que existen entre los dos sistemas de cultivo, convencionales e hidropónicos.

Cuadro 9. Comparación en cuanto a producción (Kg/ha) del sistema de siembra tradicional y el hidropónico

Cultivo	En tierra	Hidropónico
Pepino	7847	31390
Lechuga	10089	23542
Tomate	19772	617000
Calabaza	14574	20179
Papa	19000	173000
Arroz	1121	5605
Trigo	672	4596
Chícharo	2470	22244
Frijol	12300	51000
Soya	680	1737

Topicos www.hidroponia.com.mx/hidroponia/comparativo.htm

VI. Costos:

En el siguiente cuadro se desglosan los insumos básicos para la producción de lechuga en un metro cuadrado con la utilización de materiales que se pueden adquirir fácilmente y a bajo costo; sin embargo, nótese que comprar madera nueva, aún sea de formaleta, incrementa el costo del proyecto, por este motivo se mencionó anteriormente que se puede utilizar madera que ha sido desechada, pero en buen estado, a fin de bajar la inversión y comprar lo estrictamente necesario. Se incluye el valor de productos químicos en caso de querer elaborar las propias soluciones concentradas. Queda a criterio del productor el adquirir los materiales que considera necesarios; por ejemplo, sales minerales puras para elaborar su propia solución nutritiva, sustrato de piedra quintilla, o bien, manguera, cubeta, zarán, bomba aspersora, etc.

Cuadro 10. Lista de insumos básicos para el funcionamiento de un contenedor para cultivo hidropónico de 1 m² y su costo

Materiales	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Costo Total
Solución *A	litro	1	860	860
Solución B*	litro	1	860	860
Carbón (sisgo)*	saco	1	750	750
Piedra quintilla				
Reglas 1x4**	vara	5	200	1000
Reglas (fondo)*1x12	vara	4	600	2.400
Reglas (patas)1x2**	vara	4	60	240
Plástico negro*1x3	1 m	1,5	400	600
Cubeta	unidad	1	800	800
Clavos 2**	kg	1/8 kg		45
Regadera	1 galón	1	1250	1250
Bandeja almacigo*	72 huecos	1	465	465
Semilla lechuga*	onza	1/2		295
KNO ₃	½ kg	115,6g/l ^{oo}	335	368,50
Ca(NO ₃) ₂	½ kg	155/l ^{oo}	535	165,85
NH ₄ NO ₃	45 kg		3.950	
NH ₄ H ₂ PO ₄	25 kg		8.811	
KH ₂ PO ₄	25 kg	49,4g/l ^{oo}	11.780	
MgSO ₄ 7H ₂ O	1 kg	106,6g/l ^{oo}	245	26,20
Quelato de Fe		2g/l ^{oo}		
FeSO ₄ 7H ₂ O	25 kg		4.425	
MnSO ₄ 4H ₂ O	25 kg		8.660	
CuSO ₄ 5 H ₂ O				
ZnSO ₄ 7H ₂ O	25 kg		7.579	
H ₃ BO ₃	25 kg	1g/l ^{oo}	8.295	
Fertilón combi 1	200	5g/l ^{oo}	2100	
Cl doméstico*				
Atomizador	unidad			
Cuaderno	unidad			
Zarán	3x3 m			

Manguera	Unidad			
TOTAL				7515

*Materiales indispensables para construir e iniciar el proyecto de la huerta hidropónica en casa. (¢426,34 por dólar, marzo 2004).

°° Cantidad de sales minerales por litro de agua para preparar las soluciones madres A, B y C utilizadas por el INA.

No se incluye el valor de la mano de obra (sería el valor más alto), debido a que este proyecto debe ser motivo para la integración de la familia, debe servir como entretenimiento, aprendizaje y recurso sano de nutrición familiar; posteriormente, también podría ser un medio de ingreso adicional.

A parte de la construcción del contenedor que puede llevar un jornal y la preparación del sustrato un poco menos, el resto de las actividades, solo consumen a lo sumo media hora diaria (incluye la preparación de la solución nutritiva y su aplicación, revisiones de posibles plagas y enfermedades en el cultivo, y el asperjado de repelentes de ser necesario).

Por cada metro cuadrado, se pueden producir hasta 25 lechugas (incluyendo un porcentaje de pérdida). Pero para mantener una producción constante, es necesario tener 6 contenedores, para sembrar uno cada semana, de tal manera que cada semana se obtendrá cosecha. No debe dejarse de lado la gran ventaja de poder cosechar en un tiempo menor al requerido cuando se cultiva en tierra; la mejor calidad del producto que se logra con esta técnica; además, se obtiene un producto totalmente fresco ya que se cosecha y se lleva inmediatamente a la mesa; por otra parte, uno de los mayores beneficios es que se encuentra libre de productos tóxicos (plaguicidas), lo que quiere decir que es totalmente saludable y de mucho mejor sabor, en parte por lo antes expuesto como por la posibilidad de elegir las variedades que se desean. Por último, y no menos importante es la protección del medio ambiente.



Foto 8 Producción hidropónica comercial de lechuga en La Guácima de Alajuela.2003

Literatura Consultada

- BENTON, J. 1997. Hydroponics: A Practical Guide for the Soilless Grower, Boca Ratón, St. Lucie Press, Florida (USA) 230p.
- DURAN, J.M.; MARTÍNEZ, E.; NAVAS, L.M.; 2000. Los cultivos sin suelo: de la hidroponía a la aeroponía (I). Vida Rural (España)7 (101): 40-43
- FRANCO, S. 2002. Hidroponía, cultivos sin tierra. Disponible en <http://www.maristas.com.ar/champagnat/poli/biologia/hidrop.htm>
- HUTERWAL, G. O. 1981. Hidroponía, cultivo de plantas sin tierra, Buenos Aires (Argentina) editorial Albatros, 59 p.
- HYDROGROW HIDROPONIA, 2002. Historia Disponible en <http://www.hidroponía.com.mx/hidroponía/historia.htm>
- HYDROGROW HIDROPONIA 2002. Concepto, Historia y Evolución de la Hidroponía. Disponible en <http://www.hidroponía.com.mx/hidroponia/historia.htm>
2002. Agronomía. Disponible en <http://www.agropecstar.com/portal/doctos/agronomia.htm>
- ULTIMAS NOTICIAS 2002. Tipos de sustratos de cultivo. Disponible en http://www.a_campo.com/espanol/ultimas_noticias/ultimas_noticias133.htm
- CALDERON F. 2002. La Solución Nutritiva. Disponible en http://www.drcalderonlabs.com/hidroponicos/La_Solucion_Nutritiva.htm
- CALDERON F. 2002. La Solución Nutritiva. Disponible en <http://www.biocenosis.com/pagina/solucion.htm>

- KING, A. B.S.; SAUNDERS, J.L. 1984 Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en America Central, London, Overseas Development Administration, 182p.
- LARA, A. 1999. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. Terra 17(3):221-229.
- LLANOS, P. H.; WALCO S.A., Avda 13 No. 87-81, Bogotá, Colombia.
- MARULANDA, C. H. 1993. Hidroponía familiar, FAO, San Salvador, El Salvador, 167p.
- MIRANDA, I. 1997. Apuntes de Hidroponía; México, Universidad Autónoma de Chapingo, Departamento de Preparatoria Agrícola, Area de Agronomía, 59p, Serie de Publicaciones AGRIBOT No.2.
- RESH, H. M. 2001. Cultivos hidropónicos: Nuevas técnicas de producción, 5.^a ed revisada y ampliada por Carlos de Juan. Madrid (España), Ediciones Mundi-Prensa, 558p.
- SÁNCHEZ, F. ; ESCALANTE, E. 1988. Hidroponía; Principios y métodos de cultivo; México Universidad Autónoma de Chapingo, Imprenta Universitaria, 194p.
- SOTO, F.; RAMÍREZ, M. 2002. Hidroponía, San José (Costa Rica) Centro Nacional Especializado Granja Modelo, Instituto Nacional de Aprendizaje, 109p.
- TOPICOS 2002. Hidroponía. Disponible en <http://www.hidroponia.com.mx/hidroponia/comparativo.htm>
- TOPICOS 2002. Cultivos extensivos. Disponible en www.qro.itesm.mx/agronomia2/extensivos/CtomateTopics.html
- URRESTARAZU, M. 1997 Manual de cultivo sin suelo; El Ejido (España), Universidad de Almería, Servicio de Publicaciones, Escobar Impresores, S.L, 323p.
- Solución Nutritiva Hoagland 2002. Disponible en <http://www.biocenosis.com/pagina/solucion.htm>
- CON VIEQUES AL DIA 2002. Hidropónicos: historia y evolución. Disponible en www.geocities.com/conviequesaldia/hidroponicos.htm

Anexo 1

Listado de algunos proveedores por insumos

Nombre	Teléfono	Producto
Durman Esquivel	223-94-11	accesorios de riego
HIDROPLANT	231-18-44/231-25-44	accesorios de riego
Riegos Modernos	220-12-01	accesorios de riego
Julián Soto	482-23-81	carbón
Distribuidora Nacional de Carbón	385-00-74/275-45-05	carbón desmenuzado (sisgo)
Julio Rojas	374-76-00/279-54-27	construcción de invernaderos
Luis Cambroner	476-00-65	construcción de invernaderos
SIMEPROSA	477-43-74/363-74-84	construcción de invernaderos
Empaques Térmicos	239-32-72	estereofón
Estereofón de C.R.	441-08-68	estereofón
TERMOPOR (La Uruca)	222-70-11	estereofón
AGROACCION	440-14-87	fertilón combi y otros
Gabriel Morales (San Francisco)	227-02-04/227-13-32	fibra de coco
Jorge González Alfaro	710-09-56	fibra de coco
Luis Vargas	482-20-34	fibra de coco
Nelson Ramírez	710-77-45	fibra de coco
Randal (Naranjo)	451-50-35	fibra de coco
Rolando Jiménez	268-45-16	fibra de coco

Chen Rum	296-44-20	invernaderos, malla y plástico
Biociencia	253-95-51	malla antiáfidos
KAF Internacional (don Efrén)	448-45-97/448-68-62	materiales para construcción. de invernaderos
PROVETECNO S.A.	240-92-16	oasis, jiffy
Enchapes ornamentales	276-77-72	pedra pómez, piedra volcánica
IMBIOSA	360-76-27	plaguicidas biológicos
Yanber S.A.	257-90-20	plástico
Suplidores mayoristas	573-76-45	plástico, accesorios invernadero
POLYMER (Francisco Martínez)	231-44-55/231-49-88	plástico, cajas plásticas
Olefinas	250-54-54	plástico, malla
ABOPAC	205-10-00	sales fertilizantes
AGROTICO	273-89-89	sales fertilizantes
CAFESA	232-22-55	sales fertilizantes
QUÍMICAS HOLANDA	293-00-01	sales fertilizantes
Mujeres hidroponistas de Pavas	290-68-23/231-55-68	sales fertilizantes y sustrato
AGROVERDE	438-23-26	sales fertilizantes, almácigos
Centro Nacional Jardines	271-19-19	sales fertilizantes, almácigos
RESUSA	278-68-78	sales fertilizantes, cosmoquel hierro
COOPELIBERTAD	260-55-90	sales fertilizantes, semillas, sustratos
Ulises Ureña	276-92-43	sales fertilizantes, sustrato
Semillas Tempate	293-69-47/293-69-48	semilla de alfalfa y de forrajes
Semillas del Futuro	360-17-03/837-45-49	semilla tropicalizada de hortalizas
CASAGRI	591-42-42	semillas de hortalizas
El Semillero	221-29-83	semillas de hortalizas
Eurosemillas	272-13-12	semillas de hortalizas
La Casa de la Semilla	223-25-01/394-50-01	semillas de hortalizas
TRISAN	290-00-50	semillas de hortalizas
CASAGRI	261-02-66	semillas, accesorios de riego
CHEMICA INTERNACIONAL	260-81-72	trampas, ferormonas

Fuente: Proyecto Hidroponía, Instituto Nacional de Aprendizaje. 2003