



MANUAL DE HIDROPONIA  
Margarita Araceli Zárate Aquino

MANUAL DE HIDROPONÍA

Margarita Araceli Zárate Aquino

Primera edición:

D.R. 2014, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, C.P. 04510, México,
Distrito Federal

ISBN:

Prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio, sin la
autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Impreso y Hecho en México

Título: “MANUAL DE HIDROPONIA”

Edición y corrección:

Diseño y formación: Lluvia Márquez Luna

María de los Ángeles Vázquez Martínez

Diseño de portada: Lluvia Márquez Luna

Fotografía de Portada: Bióloga. María del Carmen Loyola Blanco

Fotografías de interiores: Araceli Zárate

Ilustración: Ana Cecilia Pérez Pérez

Impresión:

Editor responsable: Instituto de Biología www.ibiología.unam.mx

Esta publicación es producto de recursos federales otorgados por
Programas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo
Rural, Pesca y Alimentación. “Este programa es público, ajeno a
cualquier partido público. Queda prohibido el uso para fines distintos a
los establecidos en el programa”.

TEMARIO

I. INTRODUCCIÓN

Antecedentes 7

II. TÉCNICA DE HIDROPONIA

Principios 9

Elementos del sistema hidropónico 9

Ventajas 9

Desventajas 10

III. MATERIAL VEGETAL

¿Qué es una hortaliza? 11

Clasificación de las hortalizas según la parte utilizada 11

Condiciones climáticas que requieren las hortalizas 12

Propagación de plantas 12

Semilla, semilleros 13

Germinación. Factores que influyen en la germinación 15

Siembra directa o trasplante del semillero 15

IV. CONTENEDOR

Materiales y dimensiones 17



V. SUSTRATO

Tipos de sustrato en los cultivos (agua, grava, agregados)	19
Características	19
Materiales	22
Drenaje y Riego	22
Ventajas y desventajas	23
Esterilización de sustratos	23

VI. SOLUCIÓN NUTRITIVA

Disponibilidad de cada nutrimento en función del pH	25
Macroelementos y microelementos	25
Función y deficiencia de los elementos en las plantas	27
Fórmulas comerciales y preparación de la solución nutritiva	30

VII. PRÁCTICAS CULTURALES

Poda	33
Colocación de tutores	33
Control de plagas y enfermedades	34
Cosecha	37

Durante cientos de años, la agricultura en México ha ofrecido una amplia gama de cultivos para satisfacer las necesidades humanas (alimentación, vestido, construcción, combustible, especias y perfumes, estimulantes, narcóticos, medicamentos, pigmentos, aceites y ceras, gomas y resinas, forraje, coberteras, abonos verdes, ornato).

Sin embargo, en el caso de los cultivos alimenticios e industriales, el mal uso de tecnologías, como el riego y la fertilización, ha ocasionado tal degradación de los suelos que actualmente miles de hectáreas no pueden cultivarse.

En los últimos sesenta años se ha trabajado en el desarrollo de nuevos sistemas que ayuden a solventar esos problemas. Uno de los más representativos es la hidroponía, que ofrece una alternativa para producir alimentos, no sólo en las áreas con problemas de contaminación de suelos y carencia de agua sino también en el medio doméstico.

El término hidroponía se deriva del griego *hydro* = agua y *ponos* = trabajo o actividad, es decir, 'trabajo del agua' o 'actividad del agua'. También se conoce como cultivo sin suelo, nutricultura, quimicultura, cultivo artificial o agricultura sin suelo.

La hidroponía tuvo su origen en el siglo XIX, derivada de los estudios sobre las vías de absorción de los nutrientes por las plantas que realizaron fisiólogos como Woodward y De Saussure.

A finales de la década de 1920, el doctor William Gericke, de la Universidad de California, convirtió las técnicas de laboratorio a métodos prácticos para la producción de alimentos. Más tarde, estos conocimientos fueron utilizados por soldados británicos y estadounidenses, que durante la Segunda Guerra Mundial mantuvieron cultivos hidropónicos en sus bases militares.

A partir de entonces, la técnica se ha extendido por todo el mundo, se practica en muchos países y algunas compañías transnacionales la utilizan para producir de manera intensiva.

II. TÉCNICA DE HIDROPONIA

La característica más importante de la técnica hidropónica es que en ninguna de las etapas de crecimiento se requiere del suelo como soporte o fuente de nutrimentos del cultivo; la planta toma los nutrimentos directamente del agua, donde se encuentran disueltos. La principal ventaja del sistema es que puede adaptarse a cualquier espacio, condición climática y economía.

A continuación se listan los elementos necesarios para su desarrollo, así como las ventajas y algunas de las desventajas que presenta.

Elementos del sistema hidropónico

- Material vegetal (hortalizas)
- Contenedor o recipiente
- Sustrato
- Solución nutritiva

Ventajas

- No depende de fenómenos meteorológicos.
- Permite cultivar la misma especie ciclo tras ciclo.
- Rinde varias cosechas al año.
- Presenta buen drenaje.
- Mantiene el equilibrio entre aire, agua y nutrimentos.
- Mantiene la humedad uniforme y controlada.
- Ahorra en el consumo de agua.
- Facilita el control de pH.
- Permite corregir deficiencias y excesos de fertilizante.
- Admite mayor densidad de población.
- Logra productos de mayor calidad.
- Rinde más por unidad de superficie.
- Acorta el tiempo para la cosecha.
- Reduce los costos de producción.
- Facilita la limpieza e higiene de las instalaciones.
- Utiliza materiales nativos y de desecho.
- No requiere mano de obra calificada.

- Reduce la contaminación del ambiente y los riesgos de erosión.
- Elimina el gasto de maquinaria agrícola.
- Recupera la inversión con rapidez.

Desventajas

- En cultivos comerciales, precisa tener conocimientos acerca de las especies que se siembran y de química inorgánica.
- Inversión inicial relativamente alta.
- Requiere mantenimiento y cuidado de las instalaciones, solución nutritiva, materiales, etcétera.

III. MATERIAL VEGETAL (HORTALIZAS)

Las hortalizas son plantas anuales, comestibles, de porte pequeño y tallos herbáceos, con alto contenido de agua, que pueden comerse crudas o cocidas.

Dependiendo de la parte que se consume de la planta, las hortalizas se clasifican de la siguiente manera:

Clasificación de Hortalizas

1.- Hortalizas de Raíz

Nombre común	Nombre científico
Betabel	<i>Beta vulgaris</i>
Camote	<i>Ipomoea batatas</i>
Jícama	<i>Pachyrrhizus erosus</i>
Nabo	<i>Brassica rapa</i>
Rábano	<i>Raphanus sativus</i>
Yuca	<i>Manihot esculenta</i>
Zanahoria	<i>Daucus carota</i>

2.-Hortalizas de Tallo

Nombre común	Nombre científico
Colinabo	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>gongyloides</i>
Espárrago	<i>Asparagus officinalis</i>
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>

3.-Hortalizas de Hoja

Nombre común	Nombre científico
Ajo	<i>Allium sativum</i>
Cebolla	<i>Allium cepa</i>
Poro	<i>Allium porrum</i>
Lechuga	<i>Lactuca sativa</i>
Col	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>
Col de bruselas	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>gemmifera</i>
Mostaza	<i>Brassica nigra</i>
Espinaca	<i>Spinacea oleracea</i>
Acelga	<i>Beta vulgaris</i> var. <i>cicla</i>
Berro de agua	<i>Nasturtium officinale</i>
Apio	<i>Apium graveolens</i>
Perejil	<i>Petroselinum crispum</i>
Cilantro	<i>Coriandrum sativum</i>
Verdolaga	<i>Portulaca oleracea</i>
Amaranto	<i>Amaranthus hybridus</i>

Condiciones climáticas

Hortalizas de clima frío (temperatura media mensual 15 a 18 °C)

- Amarillidáceas: cebolla, ajo, poro o puerro.
- Umbelíferas: zanahoria, apio, cilantro, perejil.
- Chenopodiáceas: betabel, acelga, espinaca.
- Liliáceas: espárrago.
- Crucíferas: brócoli, coliflor, col, colinabo, col de bruselas.
- Compuestas: lechuga, alcachofa.

Hortalizas de clima cálido (temperatura media mensual 18 a 30 °C).

En general son hortalizas de fruto, no toleran heladas.

- Leguminosas: chícharo, frijol ejotero, jícama, haba.
- Solanáceas: chile, jitomate, papa, tomate.
- Gramíneas: maíz dulce.
- Euforbiáceas: yuca.
- Convolvuláceas: camote.
- Portulacáceas: verdolaga.
- Cucurbitáceas: calabacita, sandía, pepino, melón.
- Labiadas: hierbabuena, orégano.

Propagación

Hay dos maneras de obtener nuevas plantas: reproducción sexual y propagación vegetativa.

La reproducción sexual ocurre a partir de la polinización de las flores. El intercambio genético entre el individuo femenino (el óvulo ubicado en el ovario) y el masculino (granos de polen) da como resultado la semilla. La progenie derivada de ese intercambio tendrá diferentes características morfológicas y/o genéticas entre los individuos de la misma especie.

La propagación vegetativa se realiza a partir de algún órgano de la planta, como el tallo, una hoja, parte de la raíz, etc. La progenie es idéntica, genética y morfológicamente, a la planta madre.

4.-Hortalizas de Flores Inmaduras y Maduras

Nombre común	Nombre científico
Alcachofa	<i>Cynara scolymus</i>
Brócoli	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>
Coliflor	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i>
Calabacita	<i>Cucurbita pepo</i>
Huauzontle	<i>Chenopodium sp.</i>

5.-Hortalizas de Fruto

Nombre común	Nombre científico
Calabacita	<i>Cucurbita pepo</i>
Pepino	<i>Cucumis sativus</i>
Melón	<i>Cucumis melo</i>
Sandía	<i>Citrullus vulgaris</i>
Ejote	<i>Phaseolus vulgaris</i>
Chayote	<i>Sechium edule</i>
Chile	<i>Capsicum annuum</i>
Berenjena	<i>Solanum melongena</i>
Jitomate	<i>Solanum lycopersicum</i>
Tomate	<i>Physalis ixocarpa</i>

6.-Hortalizas de Semilla

Nombre común	Nombre científico
Chícharo	<i>Pisum sativum</i>
Haba	<i>Vicia faba</i>
Maíz dulce (elote)	<i>Zea mays</i>



Figura 1. Semillero de jitomate

Hortalizas que se reproducen por semilla. Betabel, zanahoria, rábano, nabo, colinabo, apio, cebolla, poro, lechuga, col, espinaca, acelga, mostaza, perejil, cilantro, col de bruselas, amaranto, verdolaga, brócoli, coliflor, calabacita, huauzontle, pepino, ejote, chile, oca, berenjena, melón, sandía, jitomate, tomate, chícharo, maíz dulce, haba.

Hortalizas que se propagan vegetativamente. Chayote, ajo, papa, camote, yuca, cebolla.

Semilla

La semilla es un embrión en reposo, cuyo crecimiento está reducido o suspendido. Está cubierto por una testa o cubierta, que tiene por función protegerlo de daños externos, como ruptura, desecación, ataque de hongos e insectos.

El embrión está conformado por los cotiledones, la yema o plúmula, el tallo o hipocótilo y la raíz rudimentaria o radícula.

Los cotiledones producen los recursos para el desarrollo de la plántula durante la germinación, mientras se forman las hojas verdaderas.

La plúmula, da origen a la nueva planta, consiste en varias hojas rudimentarias y meristemo de crecimiento.

De la raíz rudimentaria, emerge la radícula y de ésta, la raíz verdadera.

Semillero

Un semillero es un espacio relativamente pequeño donde se ponen a germinar las semillas antes del trasplante (Figura 1); cumple con las siguientes funciones: 1) asegura la germinación; 2) permite que las plantas alcancen un buen tamaño y estén vigorosas, a fin de que después del trasplante su recuperación y crecimiento sea bueno, y 3) ahorra en insumos (agua, fertilizante, espacio, sustratos), ya que el espacio es reducido.

7.-Forma de Propagación, Siembra y Duración del Ciclo de Cultivo

Hortaliza	Forma de Propagación	Forma de siembra	Duración del ciclo (días)
Acelga	semilla	trasplante y directa	60
Ajo	dientes	directa	90-120
Alcachofa	hijuelos, tocón	directa	150
Apio	semilla	trasplante	90-120
Betabel	semilla	trasplante y directa	70-90
Brócoli	semilla	trasplante y directa	70-90
Calabacita	semilla	directa	45
Cebolla	semilla y bulbo	trasplante	120
Chícharo	semilla	directa	70-90
Chile	semilla	trasplante	90-120
Cilantro	semilla	trasplante	50
Col	semilla	trasplante y directa	80-100
Coliflor	semilla	trasplante y directa	80-100
Col de bruselas	semilla	trasplante y directa	110-130
Espinaca	semilla	directa	50-60
Ejote	semilla	directa	70
Jitomate	semilla	trasplante y directa	110-120
Haba	semilla	directa	120-150
Lechuga	semilla	trasplante y directa	80-90
Melón	semilla	trasplante y directa	100-120
Nabo	semilla	directa	90
Papa	tubérculo	directa	120-130
Pepino	semilla	trasplante y directa	70-80
Perejil	semilla	directa	80
Porro o puerro	semilla	trasplante	150
Rábano	semilla	trasplante y directa	60-70
Sandía	semilla	directa	110-130
Tomate	semilla	trasplante	110-120
Verdolaga	semilla	directa	60-70
Zanahoria	semilla	directa	90-100

8.-Requerimientos de temperatura para la germinación

Especie	Intervalo de temperatura (°C)
Alcachofa	20-30
Apio	15-30
Berenjena	20-30
Betabel	20-30
Cebolla	15-20
Chile	20-30
Cilantro	15-30
Coles	15-25 (todas las variedades)
Eneldo	10-30
Espárrago	20-30
Espinaca	10-15
Lechuga	20
Pepino	20-30
Poro	15-20
Rábano	20-30
Tomate	20-30
Verdolaga	20-30
Zanahoria	20-30

Germinación

Las semillas de todas las especies requieren por lo menos de tres factores ambientales para que la germinación pueda ocurrir: 1) agua, 2) oxígeno y 3) temperatura. Un cuarto factor, luz, parece ser esencial para la germinación de algunas semillas de especies silvestres.

Agua. La absorción de agua por la semilla, inicia la serie de procesos físico-químicos para que se lleve a cabo la germinación.

Oxígeno. Durante el proceso de germinación se acelera la respiración y, por tanto, se incrementa el requerimiento de oxígeno, especialmente en la fase de degradación de los almidones contenidos en los cotiledones.

Temperatura. En ausencia de otro factor limitante, las semillas de cualquier especie germinan en un cierto rango de temperatura.

Siembra directa o trasplante del semillero

La siembra directa consiste en colocar la semilla en el lugar donde va a germinar y crecer hasta el momento en que se coseche (Figura 2). En el trasplante, la planta se saca del semillero donde germinó y generó sus primeros brotes, y se pasa al contenedor donde permanecerá hasta que sea tiempo de su cosecha (Figura 3 y 4).

La decisión de sembrar una planta en semillero o directamente depende de la parte que se aprovecha o consume de la planta y del sistema hidropónico que se va a utilizar (horizontal o vertical).

El trasplante al contenedor se hace cuando la planta tiene cinco o seis semanas de crecimiento, o bien, si ya alcanzó 10 centímetros de altura o presenta cuatro o cinco hojas verdaderas. Cualquiera de estas tres condiciones determina el momento del trasplante (Figura 5). Dependiendo de la especie, en el contenedor se dejará la distancia suficiente entre plantas para permitir su crecimiento.



Figura 2. Siembra directa de verdolaga



Figura 3. Acelga al sacarle del semillero para trasplantar.



Figura 4. Trasplante de acelga, plantado en el contenedor definitivo.



Figura 5. Planta de jitomate a trasplantar

IV. CONTENEDOR

Los contenedores pueden ser de la forma que se desee y casi de cualquier material: concreto, asbesto, madera, aluminio, poliéster, acrílico, ladrillo, polivinilo, cartón asfaltado, plástico, etcétera. No se recomienda metal oxidable que pudiera hacer reacción con la solución nutritiva.

La colocación de los contenedores puede ser horizontal o vertical. Para los horizontales se recomienda que tengan de 10 a 30 cm de profundidad (dependiendo de la especie) y de 20 a 120 cm de ancho. El largo es variable, pueden tener hasta 50 metros.

Los contenedores verticales generalmente son bolsas tubulares de polietileno que miden entre 10 y 50 cm de diámetro y hasta dos metros de alto.

9.-Distancia entre plantas al trasplantar

Hortaliza	Distancia entre plantas (cm)	Hortaliza	Distancia entre plantas (cm)
Acelga	30	Ajo	20
Alcachofa	100	Apio	30
Betabel	10	Brócoli	50
Calabacita	100	Cebolla	10
Chícharo	5	Chile	50
Cilantro	5	Col	35
Coliflor	50	Col de bruselas	50
Espinaca	10	Ejote	30
Jitomate	30	Haba	20
Lechuga	30	Melón	30
Nabo	10	Papa	20
Pepino	15	Perejil	20
Porro o puerro	10	Rábano	5
Sandía	100	Tomate	30
Zanahoria	5		





Figura 6. Sistemas con agua como sustrato.

En los cultivos hidropónicos, el sustrato es el material que va a reemplazar el suelo en sus funciones de sostén de la raíz y retención de humedad. El primer sustrato que se utilizó en los inicios de la técnica fue el agua; posteriormente se empezaron a usar sustratos sólidos que facilitaron el manejo, y en la actualidad se practican tres tipos de cultivo: en agua, en grava y en agregados.

Cultivo en agua

Características y recomendaciones

En este tipo de cultivo, las raíces se desarrollan total o parcialmente en el agua. El contenedor, en todos los casos, debe contar con soportes para las plantas (Figuras 6, 7 y 8).

- **pH** En el cultivo en agua, las plantas son más susceptibles a los cambios del pH, que conviene mantener en un intervalo de 6.5 a 7.0.
- **Oscuridad.** La solución nutritiva debe permanecer en la oscuridad para evitar el crecimiento de algas que provocan competencia por oxígeno y nutrientes con las raíces de la planta en cultivo.
- **Aireación.** Las raíces de todas las plantas necesitan oxígeno para respirar. La aireación puede ser natural, dejando un espacio entre el nivel del agua y la cama de sostén, o bien, por bombeo.
- **Profundidad del lecho.** Dependiendo de la especie, el lecho debe tener entre 5 y 10 cm de profundidad.
- **Fertilización.** Se aplica la mitad de la concentración que se utiliza para el sustrato de agregados.
- **Cambio de agua.** El cambio de agua es más bien el reemplazo de la solución nutritiva, que deberá cambiarse cada tres o cuatro semanas, y únicamente se agregará agua el resto de los días.
- **Desventajas.** No se recomienda a principiantes en la materia.

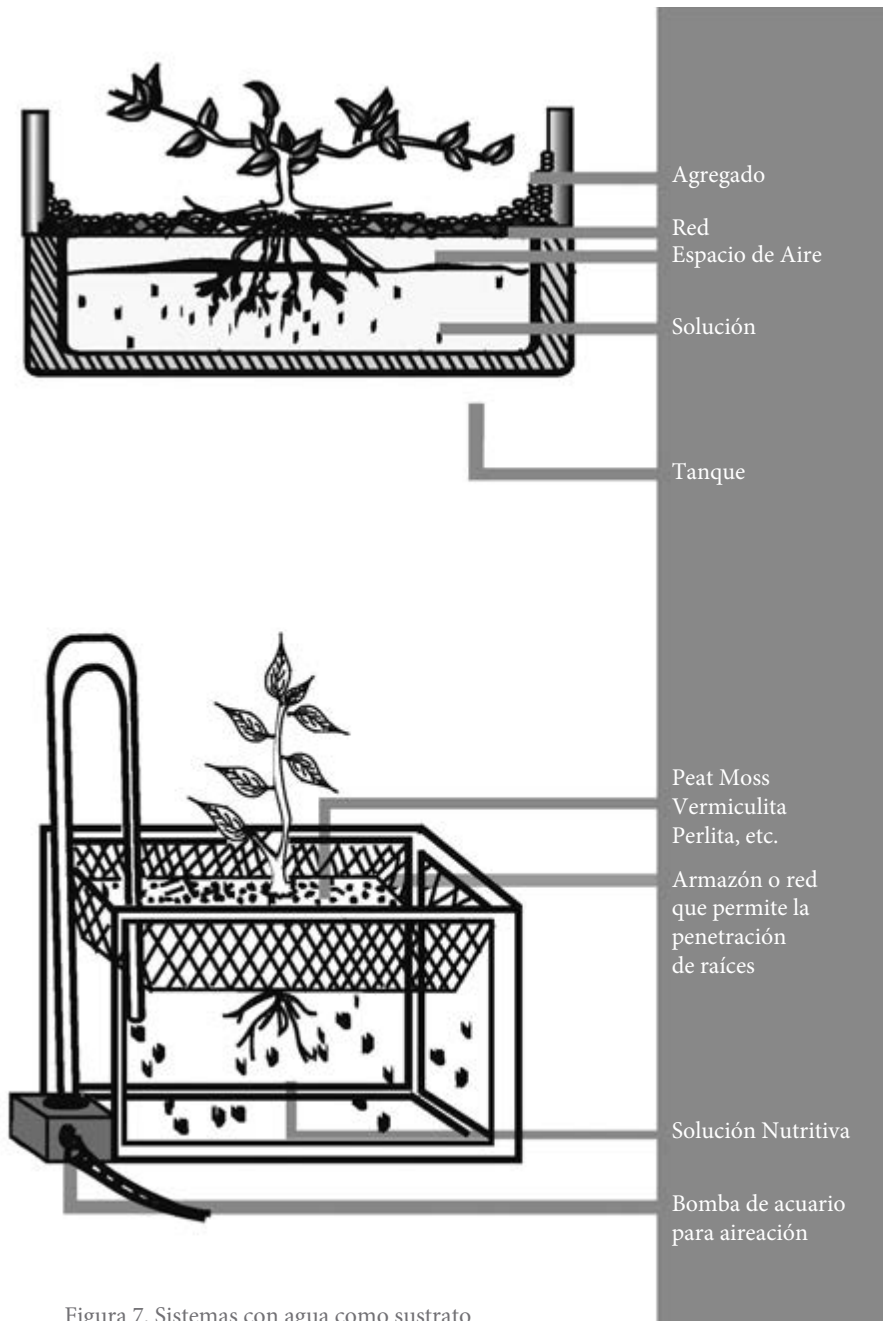


Figura 7. Sistemas con agua como sustrato

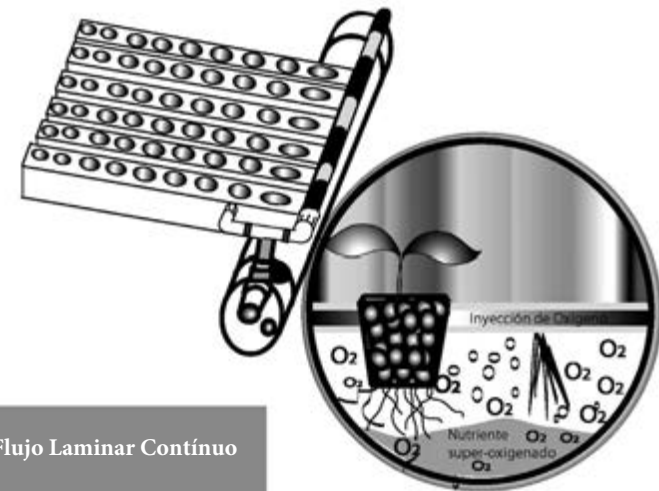


Figura 8. Sistema con agua como sustrato con reciclaje de solución nutritiva.

Cultivo en grava

Características y recomendaciones

La grava se define como tal por el tamaño de sus partículas, que miden de dos a cuatro centímetros de diámetro. El material puede ser basalto, granito, tezontle, piedra pómez, pedazos de ladrillo o carbón .

- Grava. Evítese el uso de materiales que contengan elementos tóxicos y alcalinidad alta. Conviene seleccionar un material con buena retención de humedad y que no se pulverice fácilmente.
- Solución nutritiva. Es importante mantener estables los niveles de pH (entre 6.5 y 7.0), fosfatos y fierro.
- Riego. Su frecuencia dependerá del cultivo (especie y etapa de crecimiento), condiciones climáticas y capacidad de retención de humedad de la grava. El riego más recomendado para este sustrato es el de subirrigación, es decir, la solución nutritiva o agua debe entrar al contenedor por la parte inferior de éste y drenarse después (Figura 9).

Ventajas. En general, se utiliza grava en cultivos a mediana y gran escala, donde es altamente redituable. Tiene buen drenaje, ahorra fertilizantes, es fácil de esterilizar de manera química y el sistema de riego puede automatizarse fácilmente

Desventajas. El gasto de instalación es alto, ya que necesita un tanque de almacenamiento para la solución nutritiva, sobre todo en caso de automatización. La grava sufre cambios bruscos de temperatura y las plantas son más sensibles al nivel del pH, a los nutrimentos y a la temperatura de la solución.

Cultivo en agregado

Características y recomendaciones

Las partículas de los agregados son más pequeñas que las de las gravas, miden menos de cinco milímetros de diámetro. Los materiales que más se utilizan son arena, agrolita, vermiculita y tezontle.

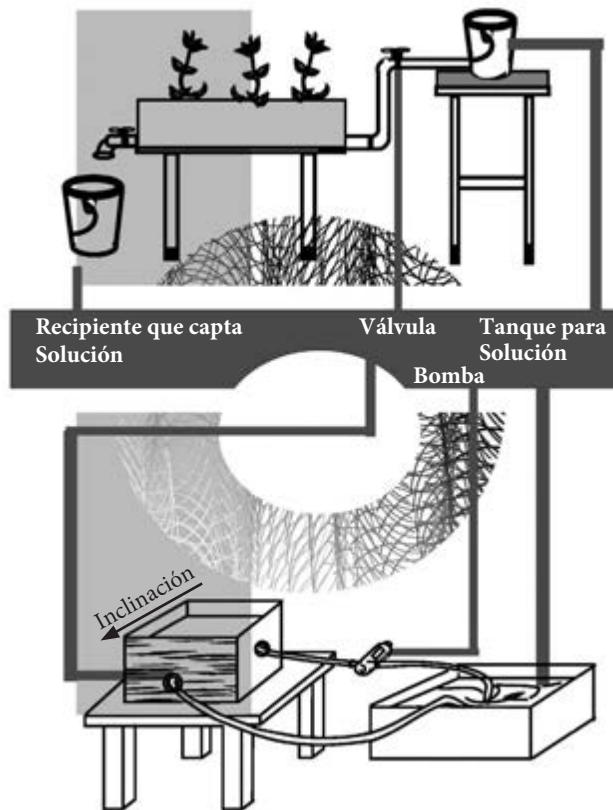


Figura 9. Riego de subirrigación

- Materiales

Arena. Es preferible la arena de río. Debe procurarse que esté exenta de sustancias tóxicas y alto contenido de cal; esto último provoca la fijación de fósforo y un pH elevado. Es muy pesada cuando está húmeda, pero tiene la característica de perder humedad rápidamente. Su composición y color es variable.

Agrolita. Es de origen volcánico. Presenta buena retención de humedad, buen drenaje y es muy ligera. Tiene la desventaja de que se pulveriza con el tiempo.

Vermiculita. Silicatos con estructura de mica que se expanden con el agua. La retención de humedad es buena. No es fácil la esterilización.

Tezontle. De origen volcánico. Su retención de humedad y drenaje son buenos. Tiene la ventaja de que puede adquirirse en varios tamaños. No se recomienda la esterilización química.

- *Drenaje.* Deben evitarse los encharcamientos. Al realizar instalaciones fijas, procúrese la construcción de un buen drenaje para eliminar el sobrante de agua.
- *Lavados.* Los sustratos deben lavarse aproximadamente cada cuatro semanas para evitar la acumulación de sales en las paredes de las partículas por la constante adición de fertilizantes; si esto ocurre, determinados elementos pueden provocar toxicidad. El lavado se realiza aplicando únicamente agua en mayor cantidad que la acostumbrada para los riegos.
- *Riego.* Para todo tipo de sustrato sólido, la frecuencia de riego dependerá del cultivo (especie y etapa de crecimiento), condiciones climáticas y capacidad de retención de humedad del sustrato. Cuando se utilizan agregados como sustrato, se pueden realizar las siguientes formas de riego:
 - Superficial. En la superficie del sustrato se vierte la solución nutritiva o el agua, de tal forma que ésta llegue a las raíces por gravedad.
 - Por capilaridad. Se realiza colocando una mecha de algodón en el fondo del contenedor, la cual estará en contacto permanente con el agua o solución nutritiva (Figura 10).
 - Por goteo. La solución nutritiva no se recircula, ya que el consumo es muy bajo. En este caso, la adición de solución nutritiva o agua se puede medir de manera muy exacta.

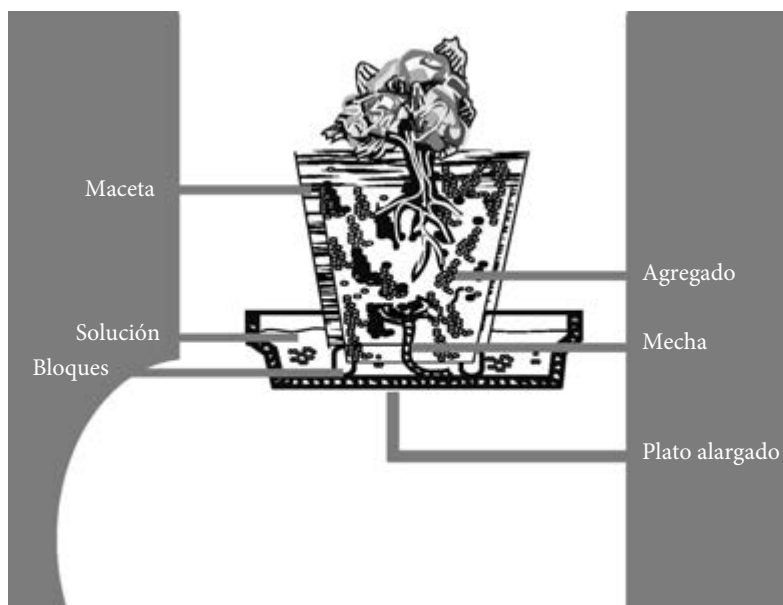


Figura 10. Riego por capilaridad

Ventajas. Las partículas pequeñas del agregado hacen que la retención de humedad sea mayor; por tanto, menos frecuente el riego. El manejo es más sencillo y hay la posibilidad de utilizar el sustrato varias veces, siempre y cuando se esterilice. Puede adquirirse en varios tamaños.

Desventajas. Dependiendo del material, las partículas tienden a pulverizarse con el tiempo. Pueden presentarse encharcamientos si no existe un buen drenaje en el sistema.

Esterilización de sustratos

Una vez que se cosecharon los productos en cultivo, se esterilizarán todos los sustratos sólidos (gravas y agregados) mediante alguna de las siguientes modalidades:

- *Solarización.* Dentro del invernadero o en un área externa, se extiende el sustrato en el piso, en una capa o estrato de 30-35 cm de altura. Se humedece y se cubre con un plástico transparente. Para garantizar que quede libre de patógenos, durante una hora, la temperatura deberá ser de 60° C.
- *Vapor de agua.* Cuando se cuenta con instalaciones permanentes y, por tanto, la cantidad de sustrato es considerable, este sistema se implanta desde la construcción del invernadero para que en el mismo contenedor se pueda aplicar el vapor de agua por medio de tuberías.
- *Horno de micro-ondas.* Para pequeñas cantidades, el sustrato se humedece y se mantiene en el horno de 10 a 15 minutos.

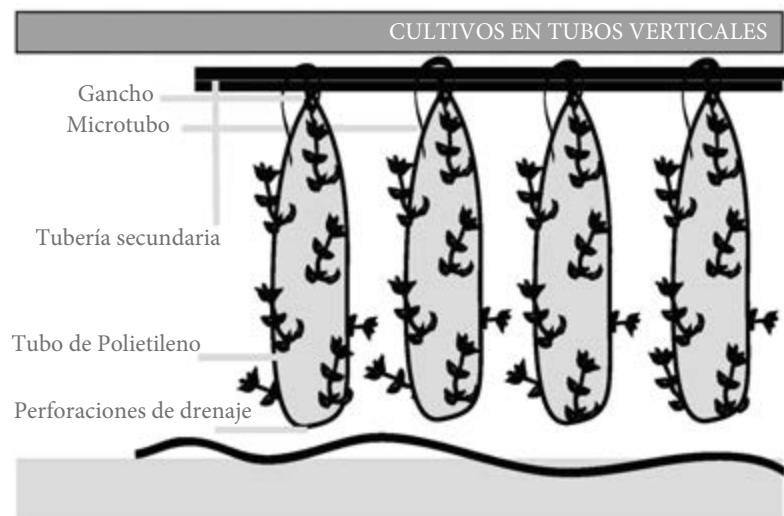
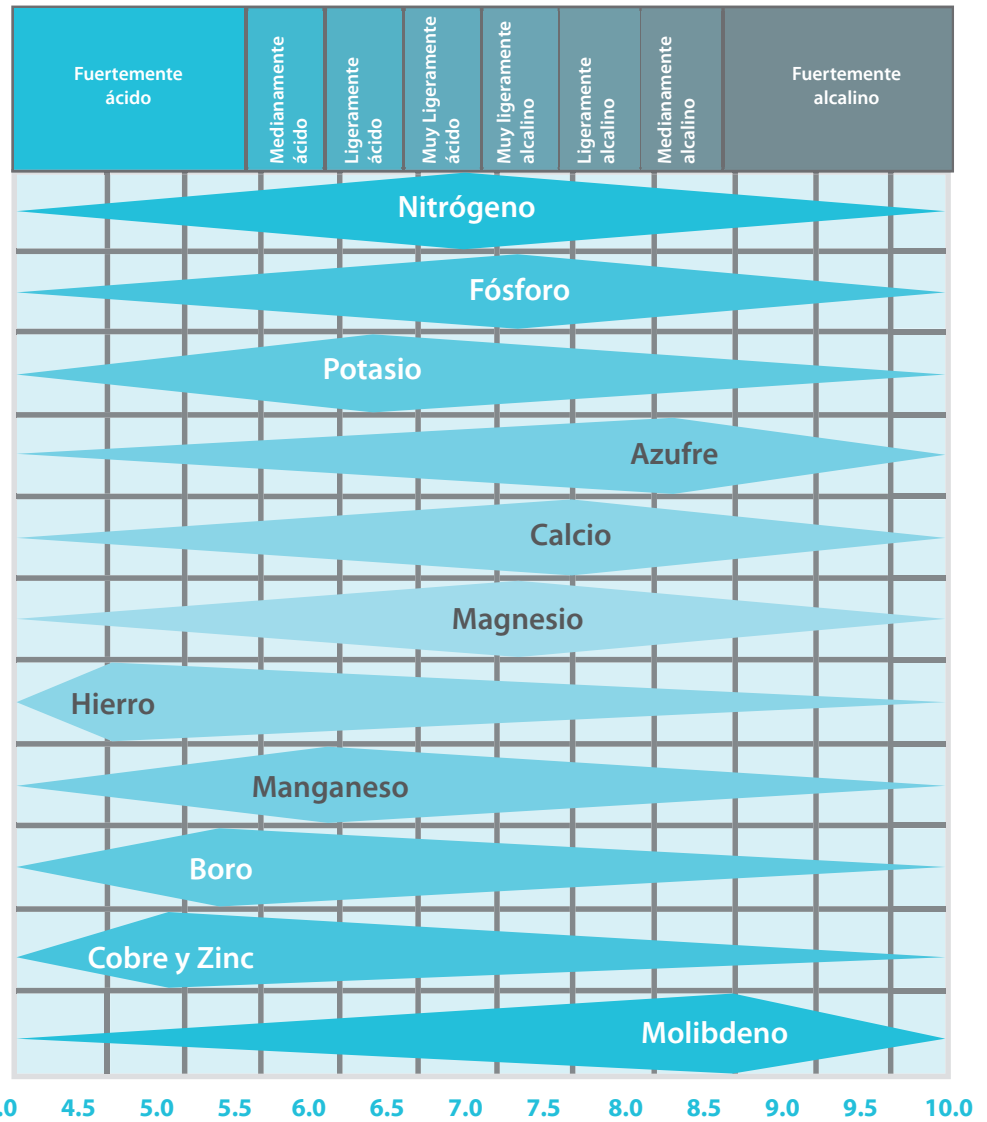


Figura 11. Cultivos en tubos verticales con agregados como sustrato.

10.-Intervalos de pH Adecuados Para Diversas Hortalizas

Hortaliza	Intervalos de pH
Apio	6.0-7.0
Berenjena	5.5-6.0
Betabel	6.0-7.0
Calabaza	5.5-6.5
Camote	5.8-5.8
Cebolla	6.0-6.5
Chícharo	6.0-7.0
Col	5.8-7.0
Coliflor	6.0-7.0
Espárrago	6.0-7.0
Espinaca	6.0-7.0
Fresa	5.3-6.5
Frijol ejotero	5.4-6.9
Jitomate	5.5-6.8
Lechuga	6.0-7.0
Melón	5.9-8.0
Nabo	5.5-6.5
Papa	5.0-5.4
Pepino	5.5-5.8
Rábano	5.5-6.5
Sandía	5.0-5.5
Verdolaga	6.5-8.0
Zanahoria	5.8-7.0

Fuentes: National Plant Food Institute. Manual de fertilizantes. LIMUSA, México, D.F., 1984; Raymond, D. Cultivo práctico de hortalizas. CECSA, México, D.F. 1975



Gráfica que muestra la disponibilidad de los NUTRIENTES en relación con el pH

VI. SOLUCIÓN NUTRITIVA

La solución nutritiva es la mezcla de agua y fertilizantes. En todos los casos, conviene saber qué características presenta el agua con la cual se regará el cultivo.

Para instalaciones comerciales se recomienda realizar análisis químicos del pH, y del contenido de fosfatos, cloruros, calcio, magnesio, potasio, boro, fierro, cobre, manganeso, zinc, molibdeno, nitratos, carbonatos, bicarbonatos, sulfuros. En cultivos caseros, es necesario que por lo menos se realice el análisis de pH.

El pH indica qué tan ácida o alcalina es una sustancia en una escala de cero a catorce. Un pH de 0 a 6.9 indica acidez de la sustancia; uno de 7.0 es neutro y el de 7.1 a 14 indica alcalinidad en la sustancia. El pH es muy importante, ya que de él depende la absorción de los nutrimentos por las raíces de las plantas. Un pH muy ácido (por ejemplo, de 3.0), o muy alcalino (por ejemplo, de 10.0) limita la absorción de nutrimentos, lo que provoca deficiencia de éstos aunque estén presentes en la solución nutritiva.

Los fertilizantes pueden alterar el pH original del agua. El pH que se debe mantener en la solución nutritiva va de 6.0 a 7.5. Cuando éste es muy ácido, se agrega una pizca de bicarbonato de sodio para obtener el nivel deseado. En una producción comercial se justifica invertir para corregir el pH por medio de hidróxido de potasio.

En ámbitos caseros, si el pH es alcalino, puede usarse vinagre para obtener el pH adecuado. En los cultivos comerciales se utilizará ácido sulfúrico o fosfórico diluido.

Fertilizantes

Los fertilizantes son sales con varios elementos químicos que cumplen diversas funciones en las plantas. Por la cantidad que de éstos requieren se dividen en macroelementos y microelementos.

Macroelementos o macronutrimentos: carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S).

Microelementos, micronutrientes o elementos traza; hierro o fierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), molibdeno (Mo) y boro (B).

Las plantas toman el carbono del CO₂ del aire; el oxígeno y el hidrógeno lo toman del agua, por tanto, estos macroelementos no se les adicionan.

11.-Elementos Utilizados Por las Plantas

Macroelementos primarios	Símbolo o forma	Forma en que se absorben por la planta
Nitrógeno	N	NO ₃ ⁼ , NH, N ₂
Fósforo	P ₂ O ₅	PO ₄ H ₂ ⁻ , PO ₄ H ⁼
Potasio	K ₂ O	K ⁺

Macroelementos secundarios	Símbolo o forma	Forma en que se absorben por la planta
Calcio	Ca	Ca ⁺⁺
Magnesio	Mg	Mg ⁺⁺
Azufre	S	SO ₄ ⁼

Microelementos	Símbolo o forma	Forma en que se absorben por la planta
Hierro	Fe	Fe ⁺⁺ , Fe ⁺⁺⁺
Manganeso	Mn	Mn ⁺⁺
Zinc	Zn	Zn ⁺⁺
Cobre	Cu	Cu ⁺⁺
Molibdeno	Mo	MoO ⁼
Boro	B	Borato

Fuente: Rodríguez, F.P. Fertilizantes: nutrición vegetal. AGT, México, D.F. 1982.

12.- Función y Deficiencia de los Nutrientos Esenciales en las Plantas

Nutrimento	Funciones	Deficiencias
Nitrógeno	<ul style="list-style-type: none"> • Forma parte de las proteínas y la clorofila. • Responsable del color verde oscuro de las plantas. • Promueve el desarrollo de hojas y tallos. • Mejora la calidad de las hortalizas que se cultivan por sus hojas • Produce un desarrollo rápido en las fases iniciales de crecimiento. • Incrementa el contenido de proteínas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Adelgazamiento de los tallos que crecen erectos con una consistencia leñosa. • Hojas más pequeñas que lo normal, con una coloración verde claro o amarillas. • Las hojas inferiores son las que muestran los primeros síntomas. En deficiencias severas, los síntomas son visibles en todo el follaje. • Las plantas crecen lentamente.
Fósforo	<ul style="list-style-type: none"> • Forma parte del ácido nucleico y los fosfolípidos. En el período del desarrollo inicial de la planta, promueve la formación de partes reproductivas. • Favorece el desarrollo radicular. • Es indispensable para que las plantas tengan un buen desarrollo inicial. • Propicia la madurez temprana de los cultivos. • Favorece la floración y ayuda en la formación de la semilla. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los tallos se adelgazan y se acortan. • Las hojas manifiestan una coloración morada, inicialmente en la parte inferior (envés), para posteriormente manifestarse en toda la superficie. • El desarrollo de las plantas es lento y sufren retraso en la maduración.
Potasio	<ul style="list-style-type: none"> • Proporciona mayor vigor y resistencia a las enfermedades. • Promueve el incremento del tamaño de granos y semillas. • Es esencial en la formación y transferencia de almidón y azúcares, por esta razón, debe suministrarse en grandes cantidades en cultivos de papa, camote y nabo. • Regula las condiciones de agua dentro de las células de la planta y las pérdidas de agua por transpiración. • Actúa como acelerador de la acción de las enzimas. 	<ul style="list-style-type: none"> • En las hojas de mayor edad, cerca de los márgenes, se desarrollan áreas grisáceas o café claro. • En ocasiones todo el borde puede dar apariencia de haber sufrido daños por fuego.
Calcio	<ul style="list-style-type: none"> • Es constituyente de la pared celular. • Promueve el desarrollo de las raíces. • Importante en la neutralización de los ácidos orgánicos. • Esencial para activar las zonas de desarrollo, especialmente las puntas de las raíces. No se mueve libremente de las partes más viejas a las más jóvenes de la planta, razón por la cual, los síntomas de deficiencia aparecen primero en las áreas de crecimiento. • Afecta la absorción de otros nutrientes, especialmente el nitrógeno. • Fomenta la producción de semillas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alargamiento del tallo hasta las zonas de crecimiento, las cuales mueren. • Los ápices de las raíces mueren y restringen el desarrollo radical. • Deficiencias específicas: <ul style="list-style-type: none"> • Tomate: pudriciones de las áreas terminales de las inflorescencias. • Apio: “corazón negro”. • Zanahoria: cavidades en la raíz.

Nutrimento	Funciones	Deficiencias
Magnesio	<ul style="list-style-type: none"> • Constituyente de la clorofila, esencial para todas las plantas verdes. Mantiene el color verde oscuro en las hojas. • Ayuda al fósforo en la formación de semillas de alto contenido de aceite, promoviendo la formación de aceites y grasas. • Propicia la translocación de los almidones. • Regula la absorción de otros nutrimentos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las primeras manifestaciones se presentan en las hojas más viejas, mediante amarillamiento entre las venas, a medida que avanza la anomalía, las hojas jóvenes también se ven afectadas. • En deficiencias fuertes, las hojas más viejas pueden desprenderse de las plantas.
Azufre	<ul style="list-style-type: none"> • Aunque el azufre no es un constituyente de la clorofila, ayuda en su formación y fomenta el desarrollo vegetativo de la planta. • Forma parte de muchas proteínas y de ciertos compuestos volátiles como el aceite de mostaza. • Promueve un mayor desarrollo radicular. • Estimula la formación de semillas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se manifiesta primero en la parte superior de la planta. • Las nervaduras de las hojas nuevas se tornan amarillas. • El sistema radical se ramifica profusamente. • Puede provocarse por exceso de cloruros.
Fierro	<ul style="list-style-type: none"> • Ayuda a la formación de la clorofila. • Promueve la absorción de otros nutrientes. • Ayuda en los sistemas enzimáticos que originan las reacciones de oxidación y reducción. • Esencial para la síntesis de proteínas contenidas en los cloroplastos. • Está implicado en el metabolismo del ácido nucleico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Áreas bien definidas de color amarillo aparecen entre las venas de las hojas más jóvenes.
Manganeso	<ul style="list-style-type: none"> • Este elemento está estrechamente ligado con el fierro. • Ayuda en la formación de la clorofila. • Es componente de varias enzimas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Áreas moteadas de color amarillo en las hojas jóvenes, posteriormente todo el follaje adquiere coloración verde muy pálido. • Deficiencias específicas: <ul style="list-style-type: none"> • Betabel: el follaje adquiere una coloración verde intensa. • Cebolla: se observan líneas angostas de color amarillo.

Nutrimento	Funciones	Deficiencias
Zinc	<ul style="list-style-type: none"> • Importante en los sistemas enzimáticos necesarios en el metabolismo de la planta. • Es útil en la formación de algunos reguladores de crecimiento. • Relacionado con el metabolismo de carbohidratos, proteínas y fosfatos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Deficiencias específicas: <ul style="list-style-type: none"> • Frijol: manchas pequeñas rojo–cafés en el cotiledón. • Maíz: líneas anchas verdes y amarillas en la base de las hojas. • Betabel: amarillamiento entre las venas, los márgenes “quemados”.
Cobre	<ul style="list-style-type: none"> • Actúa como portador de electrones, en enzimas que producen reacciones de óxido– reducción. • Regula la respiración. • Ayuda en la utilización del hierro. • Juega un papel importante en procesos fisiológicos, como fotosíntesis, distribución de carbohidratos, fijación y reducción de nitrógeno, metabolismo de proteínas, metabolismo de pared celular. 	<ul style="list-style-type: none"> • Amarillamiento de las hojas. • Deficiencias específicas: <ul style="list-style-type: none"> • Cebolla: los bulbos se ablandan y las escamas se adelgazan y toman coloraciones amarillo claro.
Molibdeno	<ul style="list-style-type: none"> • Componente de enzimas que originan reacciones de óxido-reducción. • Reducción de nitratos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las hojas más viejas se distorsionan, se adelgazan, toman coloraciones pálidas con amarillamientos entre las venas.
Boro	<ul style="list-style-type: none"> • El papel principal del boro está relacionado con la absorción del calcio por las raíces y, por lo tanto, con el uso eficiente de este elemento por las plantas. • Interviene en la translocación de azúcares. • Interviene en la síntesis de ácidos nucleicos y fitohormonas. • Tiende a conservar soluble al calcio. • Actúa como un regulador de la relación potasio/calcio. • Facilita la absorción del nitrógeno. • Ayuda al sistema vascular de la raíz, en la formación de más raicillas y tejidos en general. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las zonas de crecimiento mueren. • Los tallos se acortan y endurecen. • Las hojas se distorsionan. • Deficiencias específicas: <ul style="list-style-type: none"> • Coliflor: oscurecimiento del follaje. • Apio: rajaduras en el tallo. • Betabel: ennegrecimiento de los tejidos centrales o corazón. • Nabo: tonalidades cafés en partes internas de la planta.

Fórmulas comerciales y preparación de la solución nutritiva

La fórmula nutritiva o de fertilización para el cultivo hidropónico puede adquirirse en el mercado, seleccionando entre las existentes la que contenga las concentraciones convenientes. También puede prepararse una fórmula específica utilizando como fuente fertilizantes para cultivos en suelo.

Fórmula comercial. En la etiqueta de las soluciones comerciales se observan tres cantidades separadas por guiones; por ejemplo 17-17-17, 30-30-20, u otras. Estas cifras corresponden al porcentaje que, de nitrógeno, fósforo y potasio, contiene la fórmula, la cual se conoce como NPK.

Si uno de estos elementos no se encuentra presente en la fórmula, aparecerá de la siguiente manera: 00-10-20; esto quiere decir que hay 0 % de nitrógeno, 10% de fósforo y 20 % de potasio.

Por otro lado, si además de los tres elementos mencionados, contiene un cuarto elemento, se indicará de la siguiente manera: 30-10-20-25 Mg, lo cual significa que además de NPK, en la fórmula hay 25 % de magnesio.

Preparación de la fórmula. Para preparar una fórmula específica, se puede hacer uso de los fertilizantes para cultivos en suelo, de los cuales hay variadas fuentes para cada uno de los macro y microelementos. Al igual que con los fertilizantes hidropónicos comerciales, puede optarse por una sola fórmula durante todo el ciclo de crecimiento, o bien, usar diferentes fórmulas, dependiendo de la etapa en que se encuentre el cultivo.

Aplicación de la solución nutritiva

La aplicación de solución nutritiva dependerá del tipo de sustrato y sistema de riego que se instale en el cultivo hidropónico. El programa de fertilización estará determinado por la especie en cultivo y por la estación del año. Durante los meses de bajas temperaturas, la fertilización se hará una o dos veces por semana, y durante los cálidos, tres o cuatro veces por semana. El resto de los días se regará con agua sola.

Es importante no olvidar la aplicación de la solución nutritiva, de lo

contrario las plantas sufrirán deficiencias de nutrimentos, su desarrollo no será el óptimo y pueden llegar a morir.

Para las hortalizas que estuvieron en semillero y usaron *peat moss* como sustrato, el programa se inicia después del trasplante. Las de siembra directa o que usaron agrolita o tezontle en el semillero inician el programa a partir de que germinan.

En el siguiente cuadro se resume la forma de aplicación de la solución nutritiva, de acuerdo con el órgano que se utiliza de la planta en cultivo.

13.-Aplicación de la solución nutritiva en diferentes especies de cultivo

Semana	Especies de raíz	Especies de hoja	Especies de flor, fruto, semilla
1	15-31-15 + calcio + magnisalt	19-19-19 + calcio + magnisal	19-19-19 + calcio + magnisal
2	15-31-15 + calcio+ magnisal	19-19-19 + calcio + magnisal	19-19 -19 + calcio + magnisal
3	19-19-19 + calcio + magnisal	15-31-15 + calcio + magnisal	15-31-15 + calcio + magnisal
4	15-31-15 + calcio + magnisal	19-19-19 + calcio + magnisal	19-19-19 + calcio + magnisal
5	15-31-15 + calcio + magnisal	19-19-9 + calcio + magnisal	19-19-9 + calcio + magnisal
6	19-19-19 + calcio + magnisal	15-31-15 + calcio + magnisal	Cuando se detecte el primer botón floral, suspenda esta fertilización e inicie con la concentración 20-15-30 + calcio + magnisal. Continúese así hasta la cosecha
7	15-31-15 + calcio + magnisal	19-19-19 + calcio + magnisal	
8	15-31-15 + calcio + magnisal. Continúese así hasta la cosecha.	19-19-19 + calcio+ magnisal. Continúese así hasta la cosecha.	

VII. PRÁCTICAS CULTURALES



Figura 12. Cultivo de jitomate con poda a un solo tallo.



Figura 13. Colocación de tutores en jitomate.

Las prácticas culturales son todas aquellas tareas que deben realizarse para que las plantas crezcan y se desarrollen. Son las actividades de mantenimiento del cultivo.

Riego o adición de solución nutritiva (véase parte VI. Solución nutritiva).

Poda.

Colocación de tutores o espalderas.

Control de plagas y/o enfermedades, en caso de que se presenten.

Cosecha.

Poda

Es la eliminación de hojas y ramas de la planta para reducir una abundante ramificación. En el cultivo de jitomate se realiza de tal forma que se deja un solo tallo en el que se coloca el tutor. Con la poda se reduce el número de frutos que se producen por planta, pero aumenta el tamaño y peso de éstos (Figura 12).

Colocación de tutores

El uso de tutores facilita la cosecha y evita que los frutos estén en contacto con el suelo y se dañen.

La colocación de tutores o espalderas debe hacerse en cultivos de mayor porte, como jitomate, tomate o chile y en cultivos trepadores, es decir, que cuenten con zarcillos que les sirven para trepar; por ejemplo, chícharo o pepino. El material que más se utiliza es el hilo de rafia. La colocación en el invernadero o en el sitio donde se mantendrán las plantas se hace antes del trasplante. A cada planta corresponde un tutor; que debe amarrarse a la base de la planta, enrollarse a lo largo de ésta, y en el otro extremo atarse a una estructura de sostén (Figura 13).

Control de plagas y enfermedades

Para evitar el uso de pesticidas químicos se pueden usar bioinsecticidas que actúan principalmente como repelentes, o bien, productos orgánicos que son efectivos tanto para el control de enfermedades como para el combate de plagas.

Plagas

En el momento en que se detecta una plaga hay que evaluar la necesidad de aplicar, o no, algún pesticida para controlarla. En ocasiones es suficiente el lavado de las hojas, eliminarla en forma manual, o bien, suprimir algunas hojas.

Araña roja. *Tetranychus* sp., *Petrobia* sp., *Aculops* sp., *Phyllocopte* sp.

Son arañas pequeñas de colores variados: rojizo, amarillo o verdoso (Figura 14). Se desarrollan en altas temperaturas y baja humedad del aire. La forma más económica de controlar la araña roja es modificar las condiciones ambientales, es decir, aumentar la humedad relativa del aire y bajar las temperaturas, lo que se logra con riego tipo nebulización. Un producto orgánico que se puede usar es Contracar (tricarboxilos vegetales). Se aplica semanalmente en dosis de 2 ml con 1 ml de bioadherente por litro de agua.

Pulgones. *Aphis* sp., *Myzus persicae*, *Macrosiphum* sp.

Son insectos chupadores de diversos colores: amarillo claro, varias tonalidades de verde hasta el negro. Atacan principalmente las partes tiernas de las plantas. Puede aplicarse Contracar (tricarboxilos vegetales), en dosis semanales de 2 ml con 1 ml de bioadherente por litro de agua (Figura 15).

Escamas

Escama algodonosa. *Planococcus citri*. Tiene aspecto polvoso de color blanco. Se observa sobre todo en los nuevos brotes de las plantas (Figura 16).

Conchuela o cochinita café. *Saissetia coffeae*. Los adultos son sésiles, los estadios jóvenes poseen patas y se desplazan. En ambos casos puede aplicarse aceite mineral en dosis de 2 ml por litro, semanalmente, durante tres o cuatro semanas, según sea la cantidad de escamas (Figura 17).



Figura 14. Araña roja



Figura 15. Pulgón



Figura 16. Escama harinosa



Figura 17. Conchuela o cochinilla café

Enfermedades

Damping-off, secadera o ahogamiento que provocan los hongos *Phytium*, *Rhizoctonia*, *Phytophthora*, *Fusarium*, *Botrytis*, *Sclerotium*. Se presenta en plantas que se riegan en forma excesiva. El síntoma característico es la pudrición de la base del tallo. Se puede evitar con un sustrato que tenga buen drenaje y disminuyendo los riegos. Se recomienda el producto orgánico Tricon en dosis de 2 ml con 1 ml de bioadherente, por litro de agua.

Manchas en folíolos y en frutos causadas por diferentes hongos, como *Alternaria dauci* f. *solani*, *Botrytis cinerea*, *Phytophthora infestans*. Pueden presentarse por exceso de riego, tanto en cantidad como en frecuencia, o por contagio con herramienta no desinfectada. La forma de evitar la enfermedad es controlando los riegos, sobre todo en la época de lluvias cuando la humedad del ambiente es alta, o bien, podando el follaje cuando éste es muy abundante, de tal forma que el aire pueda circular entre las hojas y evaporar el agua acumulada.

Se recomienda Tricon en dosis de 2 ml con 1 ml de bioadherente por litro de agua, y el aceite mineral Acemin E, en dosis de 5 ml por litro de agua (Figura 18).



Figura 18. Enfermedades producidas por hongos.

Bioinsecticidas para control de algunos insectos

Mosquita blanca □ 500 ml de aceite vegetal + 400 g jabón de barra + 100 litros de agua.

□ 4 cucharadas de aceite vegetal + 2 cabezas de ajo + 400 g de jabón de barra + 20 litros de agua.

Insectos chupadores □ 500 ml de vinagre + 200 g de jabón de barra + 100 litros de agua ..

Pulgón y otros insectos chupadores □ Vinagre al 10 %. Actúa como insecticida y repelente.

Chapulines y otras plagas masticadoras □ 70 ml de aceite vegetal + 1 cabeza de cebolla + 1 cabeza de ajo + 400 g de jabón de barra + 20 litros de agua. .

Nota. Los aceites vegetales de ajonjolí, algodón, cacahuate, colza, girasol, higuera, maíz, oliva, anís, apio, cilantro, eneldo, hinojo y soya tienen propiedades insecticidas e inhiben el crecimiento de hongos y bacterias. No deben usarse en dosis mayores al 2 % porque provocan fitotoxicidad, es decir, dañan las plantas.

Cosecha

La cosecha marca el final del ciclo del cultivo. Es la separación de la parte que se consume del resto de la planta. En las hortalizas de raíz y órganos subterráneos (papa, cebolla, etc.), consiste en sacar la planta del sustrato cuando el diámetro de éstos alcanza la medida deseada (Figura 19). En las hortalizas de tallo y hojas se pueden hacer varias cosechas; los tallos/hojas de la periferia que tienen un tamaño adecuado se cortan y los centrales se dejan con la yema de crecimiento (Figura 20).

En las hortalizas de flores, frutos y semillas también se realizan varias cosechas, cuidando de revisar que los frutos estén maduros (Figura 21).



Figura 19. Cosecha de betabel



Figura 20. Cosecha de verdolaga



Figura 21. Cosecha de jitomate.

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

Castaños, C. M.
Horticultura, Col. Fénix.
Dirección General Patronato Universitario
Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México.

Hartmann, H. y D. E. Kester.
Propagación de plantas.
CECSA, México, D.F.

Huterwal, G. O.
Hidroponia. Cultivo de plantas sin tierra.
Albatros, Buenos Aires.

López Torres, M.
Horticultura
Trillas, México, D. F.

Resh, H. M.
Cultivos hidropónicos.
Mundi-Prensa, Madrid.

Samperio Ruiz, G.
Hidroponia básica.
Diana, México, D.F.

Sánchez del C., F. y E. Escalante R.
Hidroponia
Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México.

Sholto D., J.
Hidroponia. Cómo cultivar sin tierra.
El Ateneo, Buenos Aires

Valadez L., A.
Producción de hortalizas.
Noriega Editores, México, D.F.

DIRECCIONES ÚTILES

○ **Agrolita**
AGROSERVICIO Y JARDINERÍA
Bugambilia 20 Esq. Madreselva
Col. Xaltocan, Xochimilco. México, D.F.
Tel: 56 53 50 53

○ **Semillas**
SEMILLAS TINAJERO S.A. de C.V.
Violeta 81. Barrio de Belén
Xochimilco, México, D.F.
Tel: 56 75 44 44
Fax: 56 75 33 26

○ **Semillas, peat moss, semilleros, agrolita**
EL SEMILLERO, S.A. DE C.V.
Av. 5 de Mayo N° 10.
Centro. México, D.F.
Tel: 55 21 15 28
Fax: 55 12 41 43

AGROSERVICIO Y JARDINERÍA
Bugambilia 20, Esq. Madreselva
Col. Xaltocan, Xochimilco, México, D.F.
Tel. 56 53 50 53

○ **Malla antiáfidos, plásticos para invernadero.**
Ground cover
FIBRAS PLÁSTICAS, S.A. DE C.V.
Calle 1A 92 y 94. Col. San José de la Escalera Vallejo.
México 07630.
Tel: 53 91 91 75, 53 91 92 71
Fax: 53 92 08 19

○ **Construcción de invernaderos y riego automatizado**
AGROPLÁSTICOS AVANZADOS
Ing. Ángel de la Rosa Montantes
Av. Año de Juárez N° 64. San Luis Tlaxialtemalco,
Xochimilco
Tel: 1547 0921

○ **Riego automatizado**
INGENIERÍA VERDE
MI. Luis René Sagredo H.
Correo: luresahe@gmail.com
Tel: 55 2420 5664

ASPECTOS PARA CONSIDERARSE EN EL DISEÑO DE UN INVERNADERO HIDROPÓNICO

1. *Ubicación*
 - Caminos
 - Distancia a fuente de agua y luz

- Distancia al mercado

2. *Suelo*
 - Pendiente

3. *Altitud y latitud*

4. *Clima*
 - Radiación solar
 - Temperatura máxima y mínima
 - Heladas
 - Precipitación
 - Granizadas (frecuencia e intensidad)
 - Vientos (dirección y velocidad)
 - Nublados (frecuencia e intensidad)

5. *Orientación*
 - Depende de la dirección de los vientos

6. *Cultivo*
 - Especie
 - Hábito de crecimiento
 - Sistema de producción

7. *Requerimientos del cultivo*
 - Luz
 - Temperatura
 - Humedad relativa
 - CO₂
 - Agua

8. *Disponibilidad de mano de obra*

9. *Oferta y demanda del producto*
 - Zona productora
 - Superficie sembrada
 - Superficie cosechada
 - Producción
 - Consumo per cápita
 - Temporada de producción

10. *Mercado*
 - Productos en demanda
 - Cantidad
 - Calidad
 - Estacionalidad
 - Presentación

11. *Disponibilidad de capital*

MANUAL DE HIDROPONIA

Se terminó de imprimir en 2015 en el taller
de impresión **Marte**, Tel. 5565SEDF
vcbcnbmcnbvmcn@yahoo.com.mx

Se imprimieron 1000 ejemplares
sobre papel couché de 130 g
Forros: papel couche de 200 g con
laminado plástico brillante.
Se usaron fuentes Minion Pro
SF Old Republic SC

