

Material Didáctico

Hidroponía

Módulo: Hidroponía

NÚCLEO DE FORMACIÓN Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS AGROPECUARIO

2 a EDICIÓN

631.585 Instituto Nacional de Aprendizaje (Costa Rica)
S718h Hidroponía
Freddy Soto Bravo, Miriam Ramírez Azofeifa
2004

San José, C. R. INA, 2016.
106 p.; 40 cm.

Material didáctico – No comerciable
ISBN 9977-937-43-5

1. Hidroponía. 2. Germinados. 3 Estructuras. 4. Almacigos.
5 Sustratos. 6. Nutrición. 7 Sistemas en sólido. 8. Sistemas en
agua. 9. Plagas. 10. Cosecha. 11 Registros.
I. Freddy Soto Bravo, Miriam Ramírez Azofeifa
II. Hidroponía.

2a Edición

Instituto Nacional de Aprendizaje,
San José, Costa Rica.

Actualizado por Francisco Abdallah Arrieta

Ilustraciones Francisco Abdallah A, Arturo Madrigal Monge

© Instituto Nacional de Aprendizaje, AÑO 2016
ISBN 9977-937-43-5

Hecho el depósito de ley

Prohibida la reproducción parcial o total del contenido
De este documento sin la autorización expresa del INA.

AGRADECIMIENTOS

A los docentes del Núcleo de Formación y Servicios Tecnológicos Agropecuario Jorge Ulises Ureña Villalobos, Roger Saborío Alfaro, Giovanni Bermúdez Cordero y Rafael Hernández López, por sus valiosos aportes técnicos y recomendaciones.

Al docente del Núcleo de Formación y Servicios Tecnológicos Agropecuario José Arturo Madrigal Monge por su colaboración con las ilustraciones.

Contenido

LISTA DE CUADROS	v
PRESENTACIÓN	vi
INTRODUCCIÓN	viii
CAPÍTULO 1- ASPECTOS GENERALES DE LA HIDROPONIA	1
1.1 Reseña histórica	2
1.2 Clasificación de los sistemas hidropónicos:	4
1.3 Ventajas de la hidroponía	5
CAPÍTULO 2 - GERMINADOS	8
2.1 Importancia de los germinados	9
2.2 La semilla para germinados	10
2.3. Elaboración de germinados	11
CAPÍTULO 3 - Estructuras de protección para los sistemas hidropónicos.....	13
3.1 Ventajas del cultivo en ambiente protegido.....	14
3.2 Los factores climáticos y la estructura para Ambiente Protegido.....	15
3.3 Componentes de las estructuras para Ambiente Protegido	17
3.4 Tipos de estructura para Ambiente Protegido	18
3.5 Materiales empleados en las estructuras.....	20
CAPÍTULO 4 - Producción de almácigos	21
4.1 Importancia del almácigo	22
4.2 La semilla y la germinación	23
4.3 Prueba de germinación	24
4.4 Especies vegetales utilizadas en hidroponía	25
4.5 Manejo y almacenamiento de la semilla	27
4.6 Confección de almácigo	27
4.7 Manejo y desarrollo del almácigo.....	28
CAPÍTULO 5 - Sustratos para hidroponía	31
5.1 Materias primas usadas como sustratos.....	32
5.2 Características de los sustratos hidropónicos.....	33
5.3 Relación entre planta y sustrato respecto a la capacidad de aireación, retención de humedad y drenaje.....	35

5.4 Descripción de materias primas usadas como sustratos	36
5.5 La desinfección del sustrato:.....	38
CAPÍTULO 6 - La nutrición en cultivos hidropónicos.....	40
6.1 Absorción de los nutrientes en la planta	42
6.2 Movilidad de los nutrientes.....	42
6.3 Funciones de los elementos y síntomas de deficiencia	43
6.4 La solución nutritiva hidropónica.....	48
CAPÍTULO 7	53
Sistemas hidropónicos con sustrato sólido	53
7.1 Cultivo en camas o bancales	54
7.2 Cultivo en columnas.....	61
CAPÍTULO 8 - Sistemas hidropónicos en agua	70
8.1 Sistema hidropónico Raíz Flotante	71
8.2 Calidad del agua.	73
8.3 Sistema hidropónico NFT.....	76
CAPÍTULO 9 - Plagas en cultivos hidropónicos	79
9.1 Concepto de plaga.....	80
9.2 Enfermedades de los cultivos hidropónicos	81
9.3 Insectos plaga en cultivos hidropónicos.....	83
9. 4 Otros tipos de plaga.....	87
CAPÍTULO 10 - La cosecha de los cultivos hidropónicos	89
10.1 Momento de la cosecha.	90
10.2 Manejo poscosecha	90
10.3 Comercialización.....	91
CAPÍTULO 11 - Registros agrícolas en la producción hidropónica.....	93
BIBLIOGRAFÍA	97
ANEXOS	102

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Algunas especies vegetales empleadas en hidroponía.....	26
Cuadro 2: Cultivos en hidroponía según etapa de crecimiento, distancias de siembra y producción.....	27
Cuadro3: Nutrientes primarios funciones y síntomas de deficiencia de siembra y producción.....	44
Cuadro4: Nutrientes intermedios funciones y síntomas de deficiencia.....	45
Cuadro 5: Micronutrientes funciones y síntomas de deficiencia.....	46
Cuadro 6: Sales fertilizantes utilizadas en hidroponía como fuente de nutrientes	50
Cuadro 7: Fórmula nutritiva “básica” INA. Cantidad de sales fertilizantes (gramos) por litro de agua, para preparar las soluciones madre A, B y C.....	51
Cuadro 8: Rangos de Conductividad eléctrica (mmhos/cm) y acidez (pH) para varios cultivos.....	76
Cuadro 9: Solución nutritiva para tomate en producción.....	103
Cuadro 10: Solución nutritiva para chile en producción.....	104
Cuadro 11: Solución nutritiva para pepino en producción.....	105
Cuadro 12: Factores de conversión de las unidades de medición de conductividad eléctrica.....	106

PRESENTACIÓN

El documento “Hidroponía” fue elaborado originalmente por los docentes Freddy Soto Bravo y Miriam Ramírez Azofeifa. La presente revisión pretende actualizar la información y adecuarla al Módulo Hidroponía que actualmente imparte el Núcleo Agropecuario del INA.

Este material recoge la experiencia acumulada durante varios años en el proyecto de hidroponía del Centro Nacional Especializado Granja Modelo del INA, así como de la experiencia de varios docentes en la ejecución de los módulos Hidroponía y Producción de Hortalizas Hidropónicas. El documento también recopila información de investigaciones actuales, en revistas y libros especializados, realizadas dentro y fuera del país. También incluye aportes de productores locales.

Los conceptos se describen en una forma clara y sencilla ya que va dirigido a una población urbana, semiurbana o rural muy diversa que incluye personas agricultoras, estudiantes, adultos mayores, personas discapacitadas y profesionales.

El material está estructurado en capítulos que describen los elementos básicos del funcionamiento, desarrollo y mantenimiento de las plantas en varios medios hidropónicos, los materiales que se usan en la hidroponía y los diferentes sistemas hidropónicos que se utilizan hoy en día.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Citar aspectos básicos de la producción agrícola con el uso de varios sistemas hidropónicos.
2. Elaborar germinados de varias especies para la alimentación humana.
3. Establecer una estructura para Ambiente Protegido en un lugar adecuado y con los materiales requeridos tomando en cuenta los factores climáticos y el cultivo a utilizar.
4. Elaborar almácigos de varias especies vegetales para utilizarlos en sistemas hidropónicos.
5. Acondicionar sustratos para la siembra de hortalizas en sistemas hidropónicos.
6. Conocer los aspectos básicos de la nutrición con sales minerales de las plantas cultivadas en sistemas hidropónicos.
7. Conocer los aspectos básicos de los sistemas hidropónicos que utilizan sustrato sólido.
8. Conocer los aspectos básicos de los sistemas hidropónicos en agua.
9. Familiarizarse con los organismos que causan daño a los cultivos y los métodos para combatirlos.
10. Familiarizarse con la cosecha y el manejo poscosecha de los cultivos hidropónicos.
11. Registrar algunas de las actividades que se realizan en la producción hidropónica

INTRODUCCIÓN

Dentro de los desafíos que debe enfrentar la producción agrícola para las próximas décadas se enumeran los siguientes:

- Producir alimento para una población en aumento.
- Adecuarse a los problemas de cambio climático y situaciones extremas de clima.
- Hacer frente a la intensa disminución de la fertilidad de los suelos y tierras arables.
- Manejar los problemas de escases de agua
- Evitar la acumulación de sustancias tóxicas en el suelo y en el agua.
- Incrementar la producción destinada a la alimentación humana y animal así como la producción de fibras, combustibles y productos para la industria, reemplazando los recursos no renovables como el petróleo.
- Hacer frente a los rápidos cambios en la demanda de productos (González, 2010)

La producción de cultivos hidropónicos es una forma adecuada para enfrentar estos desafíos ya que con esta tecnología es posible producir alimentos en grandes cantidades y durante todo el año; se puede realizar en Ambientes Protegidos que atenúen los inconvenientes de los climas adversos; no necesita suelo; utiliza menor cantidad de agua que la agricultura convencional; requiere menor uso de sustancias químicas dañinas para el ambiente y bien planificada permite responder rápidamente a los cambios de demanda del mercado consumidor de alimentos.

El presente documento es un material de apoyo para los estudiantes del Servicio de Capacitación y Formación Profesional, denominado Hidroponía. Su objetivo es que las personas beneficiarias de la capacitación tengan elementos de juicio para implementar los diferentes sistemas de producción hidropónicos, con los cuales alcanzar la mayor productividad y rentabilidad económica en la producción de cultivos y promover así una mejor calidad de vida a las personas productoras y a quienes las rodean.

CAPÍTULO 1- ASPECTOS GENERALES DE LA HIDROPONIA

1.1 Reseña histórica

1.2 Clasificación de los sistemas hidropónicos

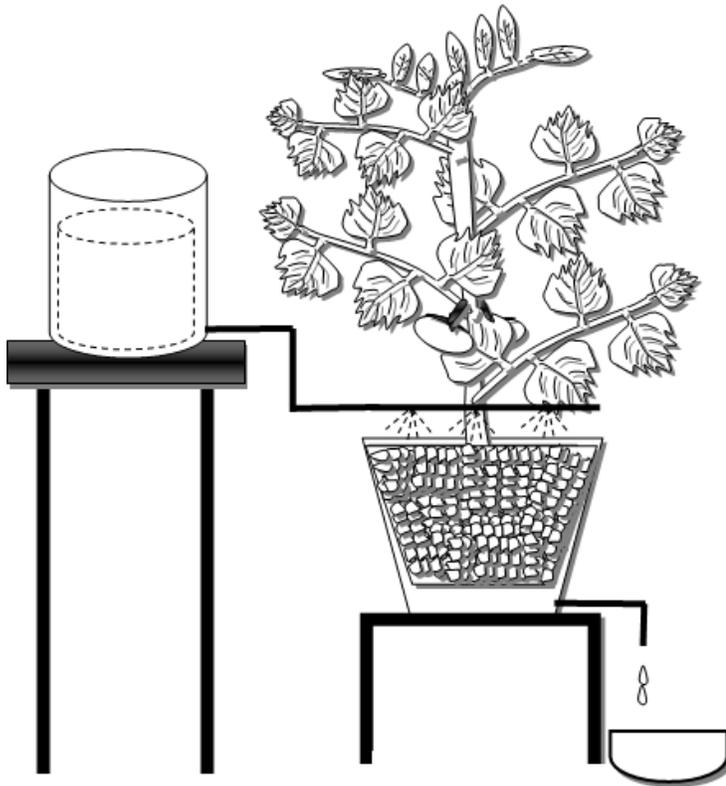
1.3 Ventajas de la hidroponía

Objetivo

Citar aspectos básicos de la producción agrícola con el uso de varios sistemas hidropónicos.

La palabra hidroponía tiene dos raíces griegas, “hydro” que significa agua y “ponos” que significa labor o trabajo. Sin embargo, el concepto es más amplio, e involucra todos los sistemas de cultivo que no utilizan el suelo como medio de cultivo.

En un sistema hidropónico las plantas están contenidas en agua o bien en un



sustrato inerte, como por ejemplo la piedra volcánica y son alimentadas con una solución nutritiva balanceada que se aplica a través del riego y que contiene todos los elementos esenciales para el crecimiento, desarrollo y producción de los cultivos (figura 1).

Figura 1: Componentes generales de la hidroponía

1.1 Reseña histórica

Aunque normalmente pensamos que el cultivo de plantas sin suelo es una práctica moderna, la verdad es que se ha utilizado desde hace muchos años. Los egipcios lo hicieron hace 4000 años. Pinturas encontradas en el templo Deir el Bahari muestran lo que parece ser plantas creciendo en potes y que eran transportadas de un lugar a otro (figura 2). Destacan también los jardines

colgantes de Babilonia, los jardines flotantes de los aztecas y los de China Imperial.

El primer documento relacionado con cultivos sin suelo fue el libro “Sylva Sylvarum” de Sir Francis Bacon en 1627. Luego en 1699, el naturalista inglés John Woodward publicó los resultados de sus experimentos con menta cultivada en agua pura y en agua destilada.

En Alemania el botánico Julius von Sachs y el químico Wilhelm Knop en 1861, demostraron que las plantas podían cultivarse en un medio inerte humedecido con una solución nutritiva.

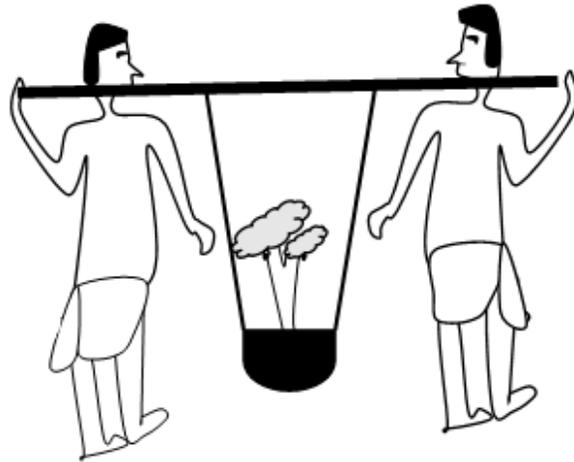


Figura 2: Pintura en el templo Deir el Bahari, Egipto

El término “hidroponía” fue utilizado por primera vez por el profesor de la Universidad de California, W.F. Gericke (1937) para indicar el cultivo de plantas sin el uso de suelo. Paralelamente los científicos Hoagland y Arnon formularon soluciones nutritivas para el empleo en hidroponía, algunas de las cuales aún se utilizan.

En 1940 Gericke cultivó hortalizas en hidroponía y proveyó de alimento a las tropas norteamericanas que se encontraban en las islas del Pacífico donde no existen tierras de cultivo. Después de la segunda guerra el ejército continuó utilizando la técnica y estableció un proyecto de 22 hectáreas en la isla japonesa Chofu.

Con el tiempo la técnica se expandió en forma comercial en países como Italia, Francia, España, Alemania, Israel, Australia y Holanda.

En 1965, Allen Cooper desarrolló la técnica NFT (por sus siglas en inglés Nutrient Film Technique).

En 1976 en la universidad de Arisona se desarrolló la técnica de flujo profundo (DFT), por sus siglas en inglés Deep-flow technique. Y a principios de la década de los 80 Hillel Soffer, en Israel, desarrolló el método aeroponía (en inglés aero-hydroponics).

En Costa Rica, la actividad data de la segunda mitad de la década de 1990, con experiencias de instituciones como el Instituto Mixto de Ayuda Social (IMAS) y Ministerio de Salud, tomando como base las experiencias desarrolladas en países suramericanos y por la FAO.

A partir de 1996 el Núcleo Agropecuario del Instituto Nacional de Aprendizaje, le da carácter formal a la producción de hortalizas hidropónicas mediante la creación del Servicio de Capacitación y Formación Profesional denominado Hidroponía. La capacitación se inicia en 1997 en el Centro Nacional Especializado Granja Modelo ubicado en la Uruca. A partir del 2000 el Servicio se ofrece al resto del país. Después de esto se implementaron otros dos Servicios de Capacitación y Formación Profesional denominados Producción Hortalizas Hidropónicas y Producción de Forrajes Hidropónicos en Ambiente Protegido.

1.2 Clasificación de los sistemas hidropónicos:

Los sistemas hidropónicos se clasifican en dos categorías:

- Cultivo en sustrato sólido
- Cultivo en agua

1.2.1 Cultivo en sustrato sólido:

El cultivo se establece en un medio sólido como carbón vegetal, arena, piedra volcánica, fibra de coco, cascarilla de arroz, o la mezcla de algunos de ellos.

En esta modalidad la función del sustrato es sostener a las plantas y proveer una matriz para el desarrollo de las raíces y el almacenamiento del agua y los nutrientes.

Para el cultivo en sustrato sólido se utilizan los siguientes sistemas:

- Camas o bancales de madera, plástico u otro material
- Columnas de plástico o PVC.
- Canaletas plásticas de plástico, PVC o bambú.
- Recipientes individuales, como bolsas de vivero, maceteros o envases plásticos.

1.2.2 Cultivo en agua:

En esta modalidad las raíces de las plantas están en contacto directo con la solución nutritiva y no se utiliza sustrato sólido.

Algunos de los sistemas más utilizados en esta modalidad son:

- Raíz flotante: Las raíces están sumergidas en solución nutritiva y las plantas se sostienen por medio de una lámina de un material liviano como el estereofón.
- NFT o técnica de la película nutriente (Nutrient Film Technique): las plantas se alimentan de una delgada lámina de solución nutritiva que circula en forma intermitente en el fondo de un canal, como por ejemplo tubo de PVC.
- Aeroponía: La solución nutritiva es asperjada frecuentemente sobre las raíces de las plantas a través de un sistema de riego.

1.3 Ventajas de la hidroponía

1.3.1 Contribuye a disminuir los problemas de desnutrición

El acceso a alimentos nutritivos es una dimensión clave de la seguridad alimentaria. Las frutas y las hortalizas son las fuentes naturales que tienen mayor abundancia de micronutrientes, pero en los países en desarrollo, el consumo diario de estos alimentos es apenas del 20 al 50% de lo recomendado por la FAO y la OMS. (FAO, 2015)

Los alimentos ricos en grasas baratas y azúcares son responsables del aumento de la obesidad y el sobrepeso. También las enfermedades crónicas relacionadas con la alimentación, como la diabetes, son un problema de salud cada vez mayor. Las técnicas de producción de alimentos sin el uso del suelo representan muy buenas alternativas para enfrentar estos problemas, ya que contribuyen al suministro de productos frescos y nutritivos durante todo el año de una manera práctica y sostenible.

1.3.2 Alimentos limpios:

La hidroponía permite obtener hortalizas libres de residuos químicos y microorganismos nocivos para la salud del consumidor. Aunque no es considerada como Agricultura Orgánica, la hidroponía es un tipo de agricultura en la cual se puede prescindir del uso de plaguicidas. Por otra parte, al regar con agua potable, se evita la contaminación sustancias tóxicas, desechos fecales, coliformes y otros microorganismos perjudiciales que son comunes en las aguas residuales.

1.3.3 Productos de calidad:

Los cultivos cosechados en hidroponía contienen un alto valor nutritivo. Además pueden cultivarse en espacios cercanos a las viviendas y ser consumidos casi inmediatamente después de la cosecha, de esta forma se evita el deterioro que sufren las hortalizas cuando son almacenadas.

1.3.4 Prevención de enfermedades

Una buena alimentación es importante para prevenir enfermedades en el ser humano. La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda consumir al menos 5 porciones de frutas y hortalizas para prevenir enfermedades como el cáncer, la diabetes y la obesidad.

Algunas enfermedades respiratorias se pueden prevenir con el consumo de frutas y hortalizas que son fuente de antioxidantes, fibras, vitaminas, ácido fólico, betacarotenos, calcio y magnesio.

1.3.5 Respuesta al aumento de la población:

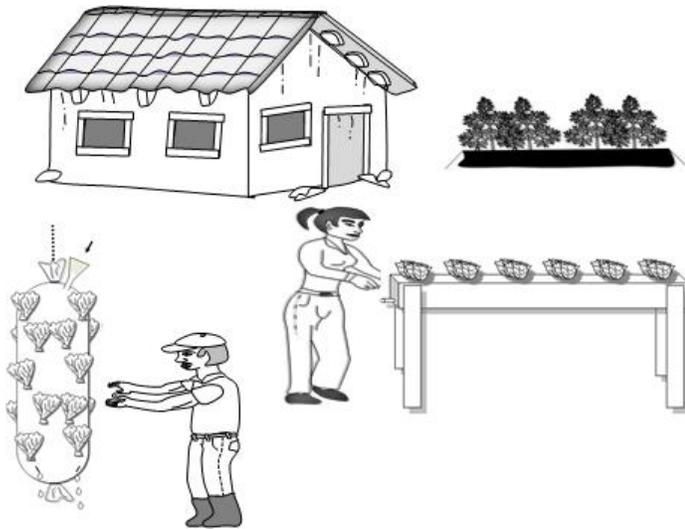
A principios de 2014 se calculaba que la población mundial era de 7.200 millones de personas (FAO, 2014) y para el 2030 se estima que llegará a los 8,340 millones de personas (INE, 2016). Las mejores tierras de cultivo se transforman en áreas urbanas para albergar gran parte de esta población, esto obliga a los países a utilizar sistemas de producción de alimento más eficientes como la hidroponía.

1.3.6 Se aprovechan espacios reducidos y suelos degradados

Los sistemas intensivos de producción como la hidroponía, son cada vez más necesarios, ya que no requieren suelo y es posible alcanzar buenas producciones en espacios pequeños y en áreas donde los suelos no sirven para la agricultura.

1.3.7 Bienestar social:

La hidroponía promueve el bienestar de la sociedad. Es una buena terapia



física y mental, es educativa, didáctica y cultural, además es una forma de integrar a la familia.

La hidroponía también es una opción de autosuficiencia ya que genera empleo e ingresos económicos.

Figura 3: Proyecto de hidroponía familiar

CAPÍTULO 2 - GERMINADOS

2.1 Importancia de los germinados

2.2 La semilla para germinados

2.3 Elaboración de germinados

Objetivo

Elaborar germinados de varias especies para la alimentación humana.

Un germinado es un alimento que se elabora poniendo a germinar las semillas de algunas especies vegetales durante algunos días, para luego consumirlas ya sea crudas o con algún proceso de cocción.

Su alto valor nutritivo hace de los germinados una opción importante para la dieta además de que aporta su sabor a numerosos platillos.

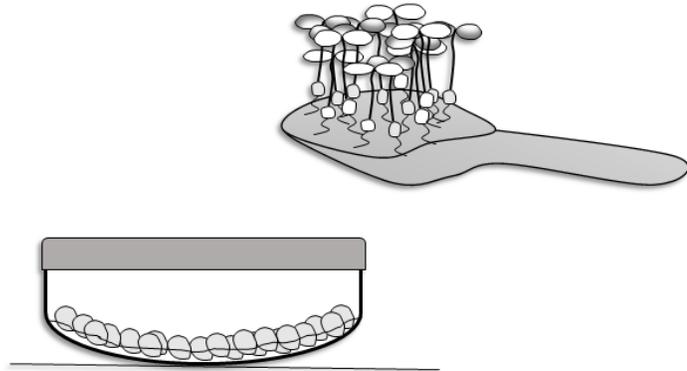


Figura 4: Germinados de frijol mungo

2.1 Importancia de los germinados

Entre muchas de las ventajas se enumeran:

- Contienen hasta 100 veces más enzimas que los granos sin germinar. Las enzimas son necesarias para la digestión de las proteínas, grasas e hidratos de carbono
- Las sustancias de reserva de los granos, como el almidón, se transforman en glucosa lo que favorece su digestión
- Los germinados tienen altos contenidos de proteínas, vitaminas, minerales y ácidos grasos.
- Favorecen los procesos de desintoxicación y depuración en el cuerpo.
- Facilitan la digestión al activar los procesos de regeneración y desinflamación del aparato digestivo.
- Fortalecen la flora intestinal

- Mejoran la absorción de nutrientes como calcio, magnesio, hierro, cobre y cinc
- El proceso de germinación produce brotes verdes que son ricos en clorofila. La clorofila ayuda en la regeneración de células sanguíneas, de esta forma ayuda en el control de la anemia.
- Incrementan los antioxidantes e incrementan los niveles de vitaminas B2, B5, B6 y C.
- Ayudan a disminuir los niveles de colesterol
- Son fáciles y rápidos de elaborar
- No contienen agroquímicos

2.2 La semilla para germinados

La semilla es un organismo vivo muy delicado. Para su germinación es importante tener un nivel adecuado de humedad, luz y temperatura (ver sección 4.2).

Las semillas que se utilizan para agricultura, normalmente son revestidas de plaguicidas con el propósito de protegerlas de organismos que las atacan durante la germinación, para la elaboración de germinados se utilizan semillas que no hayan sido tratadas con estas sustancias ya que el proceso de elaboración de germinados es muy corto y no hay tiempo para que estas sustancias se degraden.

Entre las especies más comunes para producir germinados están alfalfa, arveja, rábano, lenteja, chíá, cebolla y frijol chino (también conocido como soja frijol verde o mungo).

2.3. Elaboración de germinados

Para elaborar germinados es muy importante lavarse bien las manos y mantener limpia el área de trabajo así como los recipientes a emplear. También es importante utilizar agua potable.

La semilla debe estar libre de sustancias químicas y debe tener un porcentaje alto de germinación. Para asegurar esto es conveniente realizar una “prueba de germinación” (ver sección 4.3).

Para elaborar germinados es preferible no mezclar las semillas de varias especies en un solo recipiente ya que cada una tiene un tiempo específico para germinar. Es preferible utilizar un recipiente individual para cada semilla.

2.3.1 Proceso de elaboración

Para la elaboración de germinados se pueden utilizar recipientes de vidrio o plástico con tapa.

Una vez que se ha escogido la especie de semilla para elaborar germinados debe seguirse el siguiente proceso:

- Lavar el recipiente con agua y jabón.
- Desinfectar el recipiente con agua caliente o sumergiéndolo en una solución de cloro (10 ml/litro de agua)
- Lavar bien las semillas utilizando un pascón.
- Colocar una capa delgada de semillas en el fondo del recipiente (tratar de no tocarlas con los dedos)
- Agregar agua hasta cubrir la capa de semillas.
- Tapar el recipiente y colocarlo en un lugar limpio y oscuro.
- Después de 5 horas realizar un triple lavado, el cual consiste en agregar agua a las semillas e inmediatamente drenarla. Esta

operación se realiza 3 veces y con ella se busca disminuir la posibilidad de contaminación por microorganismos del ambiente.

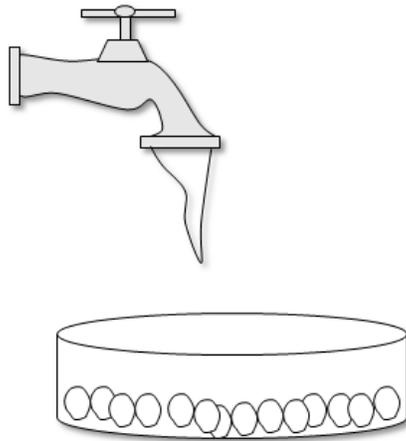


Figura 5: Triple lavado de la semilla.

- Colocar nuevamente agua hasta cubrir las semillas, tapar y almacenar en un lugar oscuro y fresco.
- El proceso de triple lavado debe realizarse tres veces durante los primeros dos días. Los siguientes días se realiza solamente dos veces, en la mañana y en la tarde.
- Dependiendo de la especie utilizada el proceso puede tardar entre 5 y 10 días.
- Una vez cosechados los germinados pueden exponerse a la luz del sol para que adquieran una coloración verdosa producto del desarrollo de clorofila

Después de cosechados los germinados pueden consumirse inmediatamente o bien preservarse durante varios días en el refrigerador.

La elaboración de un germinado es un proceso muy delicado que siempre debe realizarse utilizando agua limpia y estrictas condiciones higiénicas. Cuando no se cumplen estas condiciones pueden aparecer microorganismos como *Escherichia coli* y *Salmonella* que afectan la salud.

Existe un producto similar a los germinados que se denomina microgreens. En esta modalidad si se utilizan sustratos para la germinación de las semillas y no solamente agua como sucede con los germinados. Por otro lado de los microgreens solo se consumen los tallos y las hojas y nunca las raíces.

CAPÍTULO 3 - Estructuras de protección para los sistemas hidropónicos

- 3.1 Ventajas del cultivo en ambiente protegido
- 3.2 Los factores climáticos y la estructura para Ambiente Protegido.
- 3.3 Componentes de las estructuras para Ambiente Protegido
- 3.4 Tipos de estructura para Ambiente Protegido
- 3.5 Materiales empleados en las estructuras

Objetivo

Establecer una estructura para Ambiente Protegido en un lugar adecuado y con los materiales requeridos tomando en cuenta los factores climáticos y el cultivo a utilizar.

La hidroponía se puede realizar en espacios abiertos o dentro de estructuras de protección, como por ejemplo los invernaderos, a estas estructuras se les

conoce como Ambientes Protegidos.

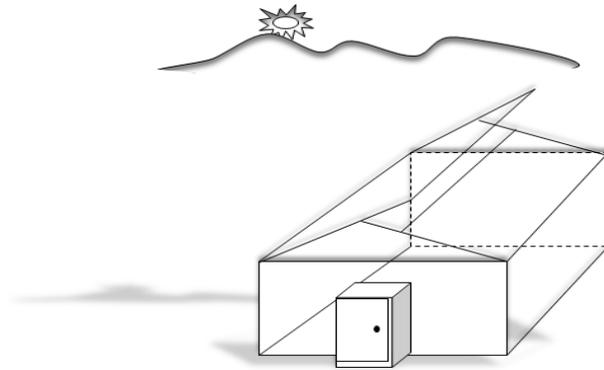


Figura 6: Ejemplo de un ambiente protegido (Invernadero)

Los Ambientes Protegidos buscan desarrollar un microclima apropiado para el desarrollo de los cultivos, optimizando los requerimientos de clima, nutrición y la interacción con otros organismos del medio como las plagas y los causantes de enfermedades.

Dependiendo del cultivo, los factores climáticos, el sistema hidropónico que se esté usando y la capacidad financiera, los Ambientes Protegidos pueden ser desde muy simples hasta estructuras muy complejas altamente tecnificadas.

3.1 Ventajas del cultivo en ambiente protegido

Dentro de las ventajas que ofrece el cultivo en ambiente protegido destacan:

- Limitar el impacto de los factores climáticos (lluvia, viento, etc.) sobre los cultivos.
- Reducir el estrés en las plantas, lo que incrementa la productividad
- Reducción en la incidencia de plagas y enfermedades
- Mayor precocidad y mejor calidad en las cosechas.
- Oferta continua de productos

- Reducción de los requerimientos de agua
- Mayor aprovechamiento y eficiencia de los nutrientes

Las desventajas del cultivo en ambiente protegido son el alto costo de inversión inicial y la poca capacitación que se tiene en el manejo de cultivos bajo techo.

3.1.1 Ubicación de la estructura para ambiente protegido

La ubicación del invernadero depende del relieve, tipo de suelo, cercanía a la vivienda y otras construcciones, exposición a corrientes de viento, cercanía a árboles u objetos que causen sombreado y la disponibilidad de servicios como agua potable, electricidad, vías de comunicación y teléfono.

3.2 Los factores climáticos y la estructura para Ambiente

Protegido

3.2.1 La luz solar: La radiación solar es la fuente de energía para la fotosíntesis y como tal para el crecimiento de la planta. La cantidad y calidad de luz solar que pasa al interior del invernadero, debe ser lo más aproximado al ambiente natural. La energía solar llega a nuestro entorno en un amplio espectro de longitudes de onda comprendidas entre 190 y 2500 nanómetros (nm). La luz visible, se ubica en el rango de 380 y 780 (nm) y es la que utilizan las plantas para la fotosíntesis.

Se puede mejorar la eficiencia de la fotosíntesis si se utilizan plásticos que filtren adecuadamente las ondas que no sean necesarias para la producción.

3.2.2 La temperatura: La temperatura del invernadero es producto de la radiación infrarroja absorbida por objetos oscuros y liberada en forma de calor. Para el control de temperaturas altas se debe considerar los siguientes aspectos:

- El material utilizado en el techo debe tener aditivos que no permitan la entrada de la luz infrarroja corta, que es absorbida por cuerpos negros y luego liberada en forma de calor.
- Invernaderos con una altura mínima de 4.0 metros
- Colocar un monitor en la parte superior de la estructura, para facilitar la salida del aire caliente.
- Paredes laterales con una altura mínima de 2.0- 2.5 metros con malla antiáfido que permita una buena ventilación.
- El uso de mallas media sombra corrediza en los techos, de manera que se puedan recoger o extender cuando se requiera.
- Colocar aspersores sobre los techos, para activarlos cuando la temperatura aumente mucho.

Para el control de temperaturas bajas se debe considerar los siguientes aspectos:

- Utilización de plásticos térmicos que mantienen la temperatura constante. La cubierta debe presentar la máxima transparencia a la radiación infrarroja corta y evitar la salida de la radiación infrarroja de onda larga
- Construir invernaderos totalmente cerrados, con paredes y techos dobles, a fin de formar una cámara de aire tibio.
- Utilizar pantallas térmicas durante la noche para evitar el escape del calor del invernadero.
- Cortinas laterales que permitan su apertura y cerrado, según se requiera.
- Los métodos activos utilizan sistemas de calefacción, lo cual resulta costoso para nuestro medio.

3.2.3 La humedad relativa: Es la cantidad de vapor de agua presente en el aire y está directamente relacionada con el clima, por ejemplo, el clima cálido seco en la zona del Pacífico y clima cálido húmedo en el Caribe. En zonas frías, generalmente la humedad ambiental es alta. En climas cálidos y secos se instalan nebulizadores en la parte superior del techo, para aumentar así, la humedad relativa y disminuir la temperatura. Esta práctica no es recomendable en climas cálidos y húmedos, ya que favorece la proliferación de enfermedades.

3.2.4 El viento: Se debe conocer la velocidad de los vientos para determinar el grado de estabilidad que requiere la estructura. Conforme la velocidad aumenta, se requiere materiales más gruesos y una estructura más completa.

3.2.5 La lluvia: Se debe evitar el ingreso de gotas de lluvia a la estructura para disminuir los daños mecánicos y la diseminación de patógenos por ese motivo es muy importante la correcta colocación y tensión del plástico superior y las mayas laterales

3.3 Componentes de las estructuras para Ambiente Protegido

3.3.1 Techo o cubierta superior: es un material plástico o de vidrio que permite el paso de la luz fotosintéticamente activa y restringe el ingreso de elementos como la lluvia, la radiación ultravioleta y los organismos causantes de plagas y enfermedades.

Por sus ventajas, tanto económicas como agronómicas, el material más usado es el polietileno. Este se puede dotar de características óptimas para el uso agrícola, mediante aditivos químicos, tales como estabilidad a la luz ultravioleta, efecto térmico, anti goteo, anti polvo, antiviral y hasta repelente de algunos insectos. Su duración va desde 18 a 36 meses, su espesor o calibre se mide en milésimas de pulgada y el ancho varía de 1.0 hasta 10 metros. Las láminas acrílicas o de policarbonato pueden ser utilizadas, pero son más costosas y agronómicamente menos eficientes.

3.3.2 El piso: En sistemas de cultivo en Ambiente Protegido es necesario aislar el medio de cultivo del suelo para evitar la incidencia de arvenses (malas hierbas), plagas y enfermedades. Con este fin se utilizan materiales como cemento, piedra cuarta, polvo de piedra, piedra volcánica, materiales de cobertura sintéticos como ground cover (cubierta de suelo) y plástico acolchado.

3.3.3 Paredes: Estas representan un cerramiento lateral para impedir el paso de agentes externos como el viento, los insectos y los patógenos. Las paredes se confeccionan con mallas especiales.

3.3.4 Postes o columnas: Estos sostienen la estructura del invernadero y pueden ser metálicos, de madera, bambú, o cemento. La distancia entre postes puede ser de 2 a 4 metros y la altura a la canoa debe tener un mínimo de 3 a 4 metros.

3.3.5 Cerchas: Son las que sostienen el techo o cubierta y deben tener una pendiente entre 25 y 35% para evitar el estancamiento del agua de lluvia.

3.3.6 Monitor: Es una abertura en la parte superior del techo que permite el desplazamiento del aire caliente gracias a la entrada de otro más fresco.

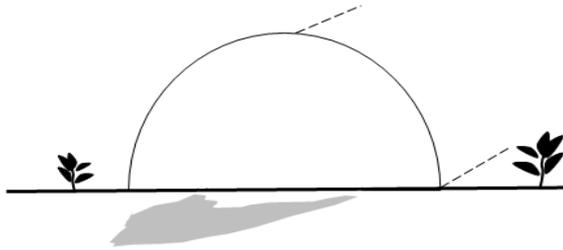
3.3.7 Anclajes: Son necesarios para asegurar la estabilidad del invernadero y dar resistencia al viento.

3.3.8 Antesala o doble puerta: Se utiliza para evitar el ingreso de plagas y enfermedades. Debe ubicarse del lado contrario al viento.

3.4 Tipos de estructura para Ambiente Protegido

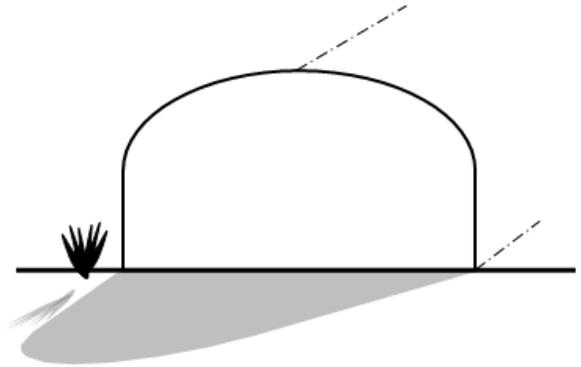
3.4.1 Curvo o arco: Es una estructura redondeada desde el suelo. Es barato y fácil de instalar pero tiene poca ventilación y tiende a aumentar mucho la temperatura. (Figura 7)

Figura 7: Estructura curva



3.4.2. Semicurvo o pie recto: Las paredes laterales rectas permiten un mejor aprovechamiento del espacio interno así como mayor altura y circulación de aire. En general los techos curvos tienen una mejor captación de luz solar debido a una mejor exposición al ángulo de los rayos solares. Si carece de monitor hace que la temperatura se aumente con facilidad (Figura 8).

Figura 8: Estructura semicurva



3.4.3 Capilla o dos aguas: Tiene una división a dos aguas que permite la fabricación de un monitor que facilita la circulación de aire. Se adapta a diferentes tipos de materiales y su ancho varía desde 5.0 a 12 metros y el ancho puede llegar a los 60 m. Permite la construcción de varios módulos juntos, provistos de canoas entre ellos (figura 9).

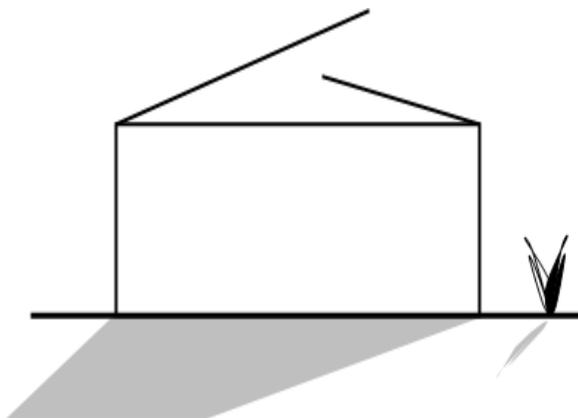


Figura 9: Estructura a dos aguas

3.5 Materiales empleados en las estructuras

Los materiales más utilizados en nuestro país para la construcción de invernaderos son el metal y la madera o la combinación de estos (madera y alambre; madera, hierro y alambre; hierro y madera; etc.)

Los invernaderos de madera se construyen ajustando los anchos de las naves con respecto al largo de las trozas. El largo de los módulos varía entre 20 y 100 metros. En el caso del metal se usan tubos y perfiles en C de hierro negro, galvanizados o aluminio en combinación con cable de acero de 1/4" o madera para la sujeción de coberturas.

Las estructuras de bambú son una excelente alternativa en zonas donde es abundante, aunque presenta dificultad en las uniones por no ser un material compacto. Se debe cortar en menguante para una mayor duración.

CAPÍTULO 4 - Producción de almácigos

4.1 Importancia del almácigo

4.2 La semilla y la germinación

4.3 Prueba de germinación

4.4 Especies vegetales utilizadas en hidroponía

4.5 Manejo y almacenamiento de la semilla

4.6 Confección de almácigo

Objetivo

Elaborar almácigos de varias especies vegetales para utilizarlos en sistemas hidropónicos

El almácigo o semillero es el área específica donde, bajo condiciones controladas de sustrato, ambiente y manejo agronómico, se realiza la germinación de semillas con el propósito de obtener plantas de buena calidad antes de trasplantarlas. Su uso es muy importante sobre todo en especies con semillas muy pequeñas que al sembrarlas directamente en el campo corren el riesgo de no desarrollarse satisfactoriamente.

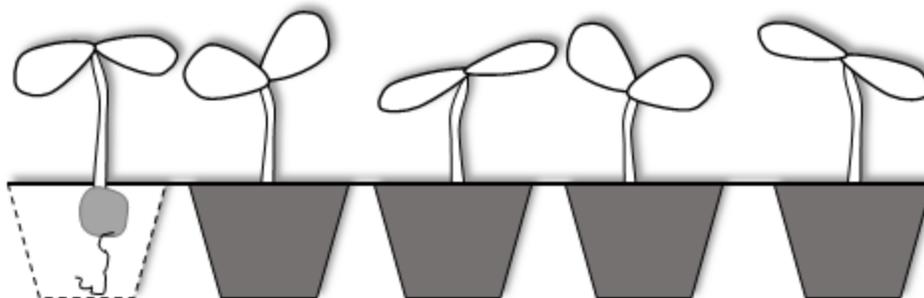


Figura 10: Plántulas en almácigo

4.1 Importancia del almácigo

- Se tiene mayor control de las plantas en las primeras etapas de crecimiento que normalmente son muy delicadas.
- Se obtienen plantas más uniformes y vigorosas
- Las raíces de las plantas no se entrelazan unas con otras por lo tanto crecen en forma individualizada y no compiten entre sí.
- Permite la selección de plantas que irán al campo de siembra definitivo
- La planta no sufre por estrés cuando se trasplanta.
- Se facilita el combate de plagas y enfermedades.
- Adelanto en la cosecha, dado que la planta no sufre estrés post-trasplante y continúa el crecimiento inmediatamente
- Se facilita el riego y el fertirriego

En período seco el almácigo puede estar al aire libre. No obstante, los almácigos en condiciones protegidas crecen más vigorosos, sanos y uniformes.

4.2 La semilla y la germinación

Una semilla es ante todo un ser vivo muy delicado. Está formada por un embrión y uno o dos cotiledones (Figura 11).

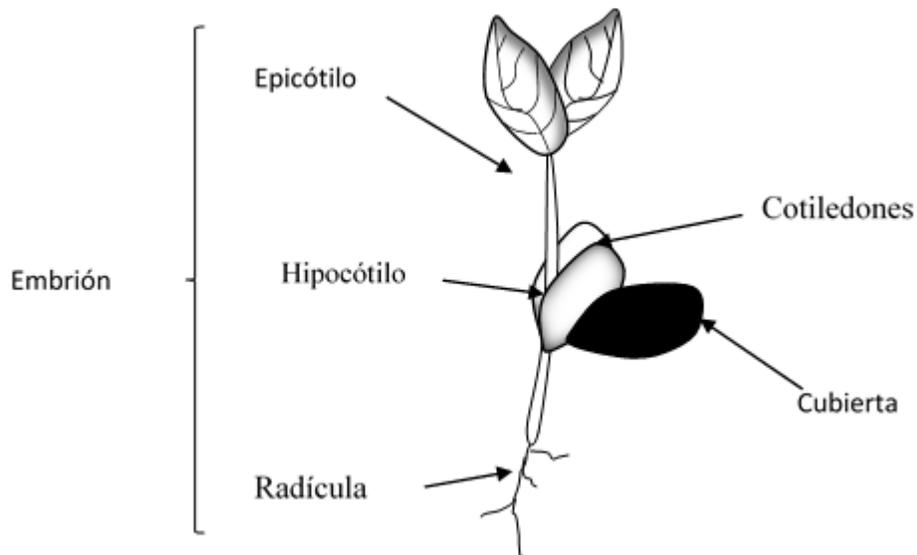


Figura 11: Partes principales de la semilla

Cuando se activa el proceso de germinación el embrión empezará a crecer dando origen a la raíz y a la parte aérea de la nueva planta. Los cotiledones son estructuras con reservas de alimento que nutren al embrión durante los primeros días de crecimiento.

Para que ocurra la germinación es importante que la semilla tenga un apropiado grado de humedad. Con un exceso de humedad la semilla no puede respirar y pronto va a morir. También es importante la temperatura del ambiente ya que cada especie tiene su rango preferido de temperatura para germinar. La luz es otro factor que afecta la germinación y normalmente los almácigos se colocan en lugares oscuros durante los primeros días para asegurar una germinación más uniforme.

4.3 Prueba de germinación

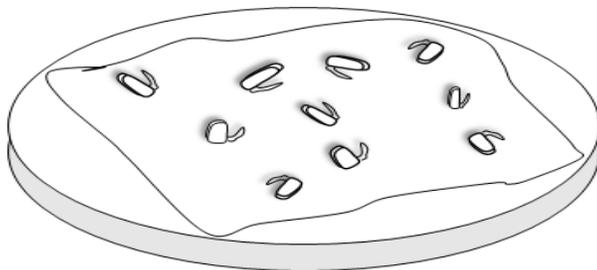
A simple vista no se puede saber si una semilla está viva. Semillas que han estado almacenadas en malas condiciones o que no están suficientemente maduras, germinan en un porcentaje muy bajo o del todo no germinan. Por esta razón es importante hacer una prueba de germinación antes de sembrar la semilla y evitar de esta forma un desperdicio de tiempo y de recursos.

Para realizar la prueba de germinación se utilizan platos desechables o cajas plásticas previamente desinfectados con agua hirviendo o sumergiéndolos en una solución de agua con cloro (10 ml de cloro por litro de agua).

4.3.1 Procedimiento:

- Colocar una servilleta en el fondo del plato
- Humedecer la servilleta con abundante agua y drenar el exceso
- Colocar en forma separada 25, 50 o 100 semillas sobre la servilleta
- Tapar con otro plato o con papel aluminio.
- Colocar una etiqueta con la fecha, el nombre y cantidad de semillas.
- Poner el recipiente en un lugar seguro, lejos de la luz y el viento.
- Revisar diariamente la humedad y agregar más agua si es necesario.
- Esperar los días que sean necesarios según la semilla que se utilice (Cuadro 2.)

Un porcentaje de germinación entre 85 y 100 % es el más apropiado. Si el



porcentaje es más bajo será necesario sembrar más cantidad de semilla para compensar el número de las que no germinan.

Figura 12: Prueba de germinación

4.4 Especies vegetales utilizadas en hidroponía

El cuadro 1 muestra algunas de las plantas que comúnmente se utilizan en hidroponía

Cuadro 1: Algunas especies vegetales empleadas en hidroponía

Familia	Nombre	Nombre científico
Compositae	Alcachofa Achicoria Lechuga	<i>Cynara scolymus</i> <i>Cichorium inthivus</i> <i>Lactuca sativa L</i>
Brassicaceae	Repollo Coliflor Brócoli Mostaza Col de bruselas Rábano Nabo Berro Col lisa Rúcula	<i>Brassica oleracea</i> <i>B. oleracea var. Botrytis</i> <i>B. oleracea italica</i> <i>B. juncea</i> <i>B. oleracea var. gemmifera</i> <i>Raphanus sativus</i> <i>B. rapa var. rapa</i> <i>Nasturtium officinale</i> <i>B. oleracea var. acephala</i> <i>Eruca sativa</i>
Cucurbitaceae	Ayote Melón Pepino Zapallo Sandía Pipían	<i>Cucurbita moschata</i> <i>Cucurbita melo</i> <i>Cucumis sativus</i> <i>Cucurbita máxima</i> <i>Citrullus lannatus</i> <i>Cucúrbita mixta</i>
Amaranthaceae	Acelga Remolacha	<i>Beta vulgaris var. Cicla</i> <i>Beta vulgaris</i>
Fabaceae	Vainica Arveja	<i>Phaseolus vulgaris</i> <i>Pisum sativum L</i>
Amaryllidaceae	Ajo Cebolla Cebollino Puerro	<i>Allium sativum</i> <i>Allium cepa</i> <i>A. schoenoprasum</i> <i>Allium porrum</i>
Rosaceae	Fresa	<i>Fragaria L</i>
Asparagaceae	Espárrago	<i>Asparagus officinalis</i>
Convolvulaceae	Camote	<i>Ipomoea batatas L</i>
Apiaceae	Apio Eneldo Perejil	<i>Aphium graveolens L</i> <i>Anethum graveolens L</i> <i>Petroselinum crispum</i>

El cuadro 2 contiene información de algunos cultivos que se utilizan en hidroponía, así como los días que normalmente se necesitan en cada fase de crecimiento, sin embargo estos números pueden variar con las diferentes variedades y con la zona de cultivo

Cuadro 2: Cultivos en hidroponía según etapa de crecimiento, distancias de siembra y producción. Centro Nacional Especializado Granja Modelo. I.N.A.

Cultivo	Duración (días)			Distancia (cm)		Producción (m ²)
	Germinación *(dds)	Almácigo (dds)	Cosecha (dds o ** ddt)	Entre surcos	Entre plantas	
Lechuga	2-4	22-25	30-40	25	20-25	20 unidades
Repollo	2-5	22-25	60-65	25-30	25-30	10-12 kg
Coliflor	2-5	22-25	90	25-30	25-30	-----
Brócoli	2-5	22-25	85	25-30	25-30	-----
Rábano	2-5	-----	35-45	15-20	5	20 rollos
Pepino	3-5	10-14	45-50	100-120	25-30	-----
Zuchini	3-5	10-14	45-50	40-50	50-60	-----
Acelga	5-6	25-30	60-75	15-20	15-20	40 unidades
Remolacha	4-6	30-35	60-65	10-15	10-12	30 unidades
Albahaca	5-8	25-30	60	20-30	20-30	3-4 kg
Vainica	3-6	-----	45-50	20-25	20-25	4-5 kg
Cebolla tierna	6-10	40-45	65-70	10-15	10-15	6-8 kg
Cebollín	6-12	40-45	50-60	10-15	10-15	25 rollos
ciboulete	6-12	40-45	60-65	10-15	10-15	
Cebollino	6-12	40-45	60-65	10-12	12-15	15 rollos/mes
Puerro	6-12	40-45	60-65			
Chile dulce	4-12	35	80-85	100-120	30-50	15-20
Tomate	4-12	25-28	80-85	120-140	40-60	un/planta
Apio	6-12	50-55	60-75	17-20 a	17-20	14 -20 kg
Culantro	6-10	-----	50-55	chorro	15-20	45-50 rollos
Perejil	8-10	40-45	50-55	5-10	10-15	30 rollos
Zanahoria	7-12	-----	90-95	a chorro	15-20	-----

4.5 Manejo y almacenamiento de la semilla

Como se mencionó anteriormente la semilla es un ser vivo muy delicado que requiere de varios cuidados para su mantenimiento.

El comercio ofrece muchos tipos y variedades de semilla de diversas calidades. La persona productora debe procurar obtener semilla de lugares confiables donde se almacene y manipule en forma correcta. Debe también prestar atención a la fecha de vencimiento. Por otro lado de cada especie de planta normalmente se comercializan muchas variedades. Es necesario seleccionar variedades aptas para la zona donde se quiere sembrar, y que correspondan a la preferencia de los consumidores. Por ejemplo en Chile dulce el mercado ofrece variedades de diversas formas, colores y tamaños.

Es posible reproducir la semilla en la unidad productiva, esta es una labor delicada donde se corre el riesgo de obtener materiales muy diferentes a las plantas que los originaron y en algunos casos la semilla resulta infectada con enfermedades, es preferible la semilla “certificada” que por lo general viene empacada en tarros o sobres de aluminio de cierre hermético.

Para el almacenamiento de la semilla es mejor utilizar una cobertura de papel aluminio la cual protege la semilla de la humedad y la luz. También se puede almacenar en frascos de vidrio de color oscuro y de cierre hermético a 5-10° C. Si no se tiene el equipo de refrigeración, se puede guardar en frascos sellados con parafina en un lugar fresco y ventilado. Además, se debe proteger del sol directo, del calor y de la alta humedad ambiental

4.6 Confección de almácigo

Para la elaboración de almácigos se requiere de un sustrato que retenga bastante humedad. En nuestro país se utiliza la fibra de coco sola o mezclada en partes iguales con carbón vegetal, granza de arroz, arena o piedra volcánica. Otro material que se utiliza es el “peat moss” que se elabora con una serie de especies vegetales del género Sphagnum y es un material importado.

Los recipientes que mayormente se emplean en la confección de almácigos son las bandejas plásticas negras. El comercio ofrece bandejas con varias dimensiones y número de celdas, por ejemplo 72, 98 y 128 celdas para reproducir cultivos que normalmente se desarrollan mucho como chile, tomate y pepino. También hay bandejas de 162, 200 y 288 celdas para reproducir especies más pequeñas como cebolla, repollo, coliflor y brócoli.

4.6.1 Procedimiento

- Humedecer y desinfectar el sustrato (ver sección 7.1.2 sobre preparación de sustrato). Este proceso es muy importante ya que existen hongos muy comunes en los sustratos, que afectan la germinación de la semilla y atacan las plántulas (*Fusarium*, *Phytium*, *Rhizoctonia* y *Phytophthora*)
- Lavar y desinfectar las bandejas
- Rellenar las bandejas con sustrato. Sembrar a una profundidad no mayor de 0,5 cm, colocando la semilla en el centro de la celda.
- Tapar la semilla
- Cubrir la bandeja con periódico húmedo o plástico negro o bien colocarla en un lugar oscuro.
- Colocar una etiqueta con la fecha de siembra y la especie cultivada
- Cuando se inicia la germinación de las primeras semillas las bandejas se colocan en un lugar iluminado donde se va a desarrollar el almácigo.

4.7 Manejo y desarrollo del almácigo.

4.7.1 Raleo y resiembra: Se realiza al inicio de la formación de la tercera hoja, se extraen las plantas en exceso y se resiembran en las celdas vacías dejando una por celda, con el fin de obtener bandejas completas y parejas (Figura 13)

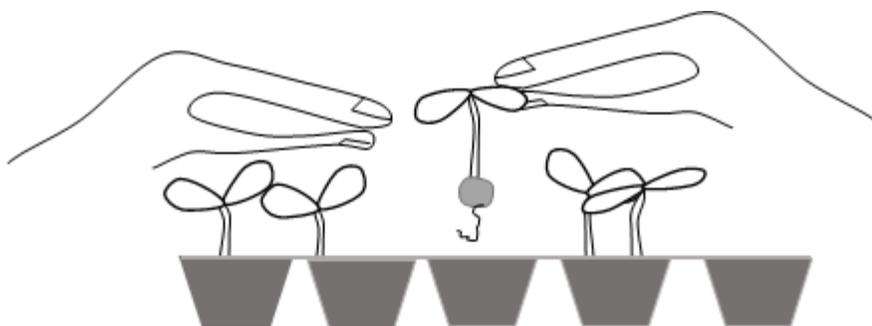


Figura 13: Raleo y resiembra.

4.7.2 Riego y fertirriego del almácigo: Durante los primeros días las bandejas se riegan solamente con agua. Esta operación debe hacerse con cuidado para no remover el sustrato y afectar la germinación.

Cuando aparece la primera hoja verdadera (tercera hoja), se inicia el riego con solución nutritiva utilizando la siguiente proporción por cada litro de agua:

- 2.5 ml de Solución Madre A
- 2.5 ml de Solución Madre B
- 2.5 ml de Solución Madre C

(Sobre la elaboración de soluciones madre ver Capítulo 6).

La nutrición se realiza diariamente. Pero un día a la semana el riego se efectúa solamente con agua con el propósito de lavar el exceso de sales.

4.7.3 Control de plagas y enfermedades: Se inicia con la prevención de contaminaciones mediante la utilización de semilla sana, agua limpia, y desinfección del sustrato, manos, zapatos, herramientas, así como restringir el ingreso de personas al área de almácigo. Sin embargo, se debe revisar el almácigo todos los días para detectar posibles problemas y tratarlos a tiempo. (Ver capítulo 9 sobre plagas en hidroponía)

4.7.4 El trasplante: Cada cultivo tiene un momento óptimo de trasplante, aplicando diferentes criterios, como: El número de hojas, altura de la plántula,

edad de la misma y un adecuado desarrollo de raíces. Por ejemplo el chile dulce debe trasplantarse a los 30-35 días, cuando posee de 4 a 5 hojas verdaderas y una altura promedio de 12 cm. Si este momento se pasa, la planta sufre un desgaste fisiológico y el arrollado de raíces. Cuando esta planta se trasplanta se retrasará y su crecimiento posterior se afectará.

Si las plantas están muy suaves y tiernas, se les pasa por un proceso de climatización y endurecimiento, el cual consiste en disminuir la cantidad y frecuencia del riego y solución nutritiva, 5 a 7 días antes de trasplantar, sometiendo las plántulas a un proceso de estrés sin llegar a la marchitez. Esto con el objetivo de hacer la planta más dura y fibrosa, de forma que esté más

adaptada a condiciones limitantes en el campo.

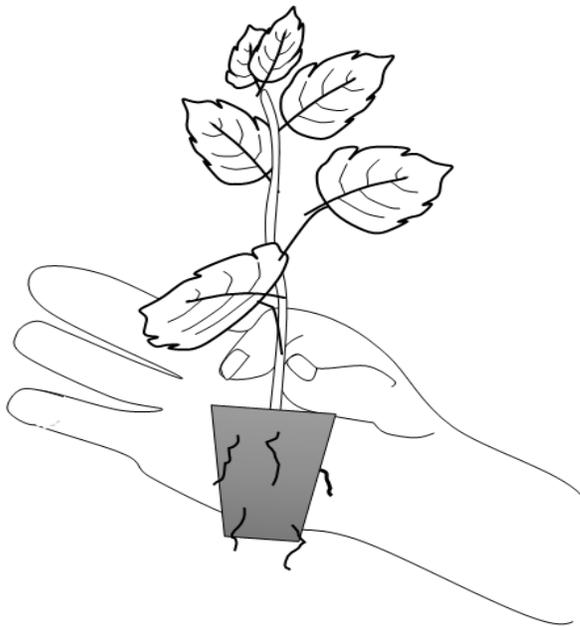


Figura 14: Planta lista para ser trasplantada

El cuadro 2 detalla la duración aproximada del período de almácigo de las diferentes hortalizas.

CAPÍTULO 5 - Sustratos para hidroponía

5.1 Materias primas usadas como sustratos

5.2 Características de los sustratos hidropónicos

5.3 Relación entre planta y sustrato respecto a la capacidad de aireación, retención de humedad y drenaje

5.4 Descripción de materias primas usadas como sustratos

5.5 La desinfección del sustrato

Objetivo

Al finalizar el estudio de este capítulo, entre otras habilidades, usted será capaz de acondicionar sustratos para la siembra de hortalizas en sistemas hidropónicos

Se entiende como sustrato todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o en mezclas, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta, de protección a las raíces y almacén de agua, aire y nutrientes (Abad y Noguera, 1998).

5.1 Materias primas usadas como sustratos

Abad y Noguera (1998), establecen la siguiente clasificación de los materiales hidropónicos:

5.1.1 Inorgánicos o de origen mineral

- Naturales, como arenas, piedras volcánicas, gravas y piedra pómez.
- Transformados o tratados: se obtienen a través de procesos industriales, tales como perlita, vermiculita, arcilla expandida y lana de roca.
- Residuos de la industria: como el carbón mineral, teja o ladrillo molido, escorias molidas, entre otros.

5.1.2 Orgánicos

- Naturales: Son materiales biodegradables, tal es el caso de la turba (peat moss).
- Residuos industriales o subproductos de actividades agrícolas o industriales, como cascarilla de arroz, fibra de coco, cascarilla de macadamia, aserrín, residuos de corcho y cortezas de árboles.

5.1.3 Sintéticos

- Son polímeros orgánicos no biodegradables, obtenidos por síntesis química, como la espuma de poliuretano (esponja) y poli estireno expandido (estereofón).

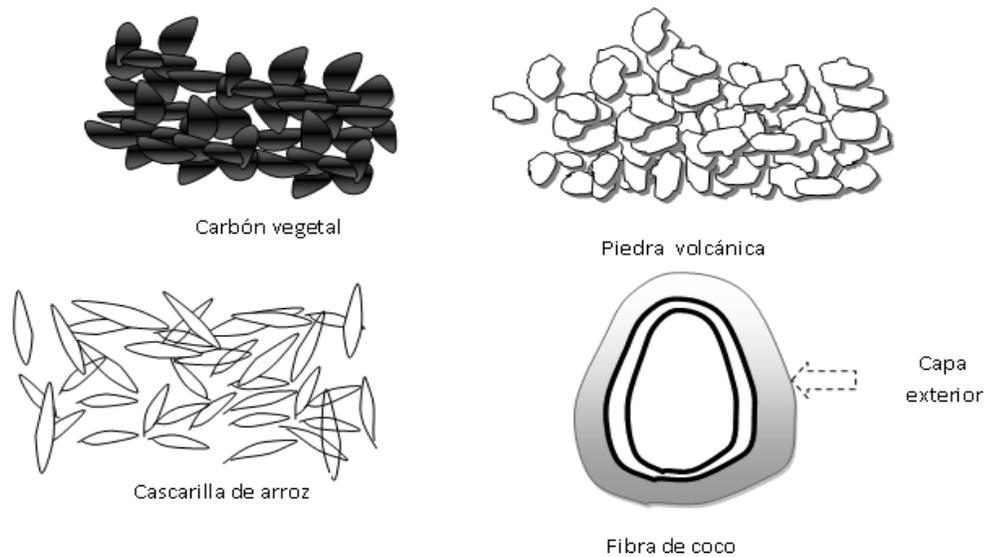


Figura 15: Algunos materiales empleados como sustratos

5.2 Características de los sustratos hidropónicos

a. Disponibilidad y bajo costo, preferiblemente usar materiales que se encuentren en el lugar, el costo de los materiales se incrementa por el acarreo, por lo que se debe investigar sobre materiales que se encuentran en el sitio y así bajar los costos.

b. Liviano: dependiendo de los contenedores es necesario contar con materiales livianos tanto para el acarreo, para proteger la persona trabajadora de lesiones, como al contenedor (no se destruya). Por ejemplo: los contenedores de madera o bambú, soportan materiales pesados como la piedra no así la bolsas de vivero o bien las bandejas para almácigo.

c. Granulometría: se refiere al tamaño de la partícula, éste debe ser de un tamaño que permita la circulación de la solución nutritiva y del aire, está relacionado con el tipo de material (su porosidad interna) Los materiales excesivamente finos se vuelven compactos sobre todo cuando están húmedos, por lo que impiden la circulación del aire.

En la figura 16 se presentan datos de proporción de agua y aire en un sustrato compuesto por cascarilla de arroz y fibra de coco, con relación al volumen total.

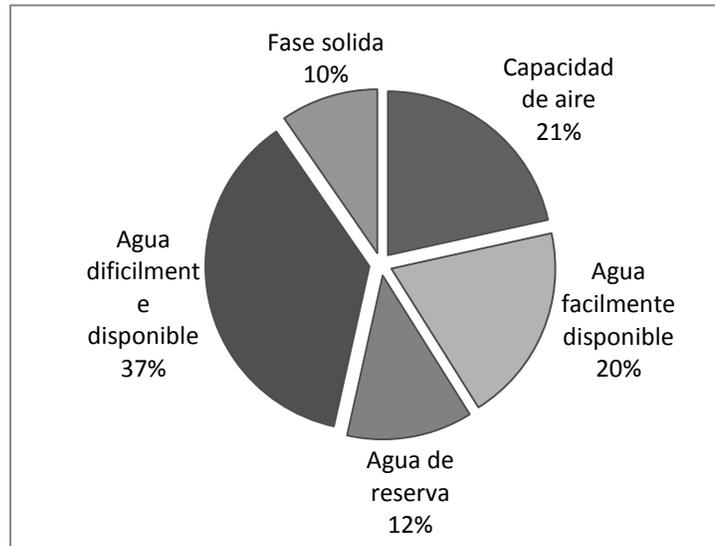


Figura 16: Composición en porcentaje de un sustrato de cascarilla de arroz más fibra de coco (1:1). Granja Modelo, INA. 2004.

d. Porosidad de aire o capacidad de aireación: es la capacidad que tiene el sustrato de almacenar aire internamente en los espacios entre partículas. Se refiere a la porción ocupada por poros grandes o espacios vacíos (aire), se expresa en porcentaje respecto al volumen total de sustrato. Un contenido de aire entre un 15 y 30%, permite la respiración normal de las raíces (Ansorena, 1994).

e. Retención de humedad: es la capacidad de un sustrato para almacenar el agua disponible para la planta, en el interior de los poros pequeños o microporos (piedrilla volcánica, piedra pómez y carbón) y alrededor de las partículas (grava, arena, etc.). Un buen sustrato debe retener entre un 55 – 70% de humedad total (Ansorena, 1994).

f. Infiltración o drenaje: esta característica determina la capacidad del sustrato para evacuar o drenar verticalmente el exceso de agua aplicada. El drenaje es muy importante cuando se cultiva a la intemperie y en zonas muy lluviosas, para evacuar el exceso de humedad.

g. Capilaridad: consiste en la capacidad del sustrato para distribuir el agua de manera uniforme tanto a lo ancho como a lo largo del sustrato, de manera que no queden sectores sin la humedad requerida. Esta característica es esencial en cultivos en maceteros y columnas, sobre todo cuando se utiliza riego por goteo.

h. Estabilidad física: es la resistencia a la degradación y al desgaste del sustrato a través del tiempo; dependiendo de su origen, los medios inorgánicos (piedrillas, arenas) son más estables que los de origen biológico (cascarilla de arroz, cáscara de macadamia).

i. Químicamente inerte: el sustrato debe ser químicamente inerte, o sea, no debe aportar, almacenar e intercambiar sustancias químicas o nutrientes minerales que afecten la composición de la solución nutritiva. El uso de sustratos frescos como aserrín, burucha de maderas, cascarilla de arroz, entre otros, puede segregar ciertas sustancias químicas que afectan el desarrollo de los cultivos. Por otra parte, materiales de origen mineral, pueden contener sustancias que alteren los niveles de nutrientes en la solución aplicada.

j. Biológicamente inerte: el sustrato debe estar libre de bacterias, hongos, insectos y otros organismos vivos, libre de residuos industriales, animales o humanos, que puedan enfermar tanto a los cultivos, como a las personas o animales que los consuman.

5.3 Relación entre planta y sustrato respecto a la capacidad de aireación, retención de humedad y drenaje

Los poros grandes (macro poros) que alojan el aire, más los poros pequeños (micro poros) que retienen el agua, conforman la porosidad total, la cual se expresa en porcentaje respecto al volumen total del sustrato. Por ejemplo: una porosidad total de 60% en un litro de sustrato significa que 600 mililitros están ocupados por aire y agua y 400 mililitros por la parte sólida.

Cuando el sustrato se inunda completamente, el agua ocupa los poros grandes y desplaza el aire. Si se deja drenar, el agua desaloja los macro poros dando lugar de nuevo al aire. Cuando cesa el drenado, el agua que no drenó (agua retenida) corresponde a la capacidad de retención de agua de ese sustrato.

Conforme el sustrato se va secando, la fuerza de succión con que éste retiene el agua aumenta paulatinamente, la planta gasta más energía para obtener el agua que necesita, lo que hace que se reduzca la producción; si no se repone agua se alcanza el punto de marchitez.

Una alta proporción de partículas pequeñas disminuye la aireación y aumenta la retención de humedad hasta afectar las raíces por falta de oxígeno. Por otra parte, si hay mayor proporción de partículas grandes el drenaje y la aireación aumentan pero disminuye la retención de humedad. Es necesario un buen balance entre poros grandes y poros pequeños para que se lleve a cabo este equilibrio y así garantizar una adecuada retención de humedad, una mejor aireación y un buen drenaje. El tamaño de partícula y el tipo de material seleccionado es determinante en este equilibrio.

5.4 Descripción de materias primas usadas como sustratos

5.4.1 Cascarilla de arroz: es un subproducto del pilado del arroz y posee características deseables tales como baja tasa de descomposición, es liviano, de buen drenaje y de bajo costo. Sin embargo, cuando se utiliza fresco y seco presenta una baja retención de humedad, y contiene residuos de cosecha, como granos enteros, harina, puntilla de arroz, semolina y semillas de malezas, que al fermentar producen alcoholes y ácidos que afectan las raíces del cultivo.

Por esta razón, es necesario un tratamiento previo de humedecimiento, fermentación y lavado, con el objetivo de que estas impurezas se degraden antes de usarlo. Además, este material puede portar hongos, bacterias y residuos de agroquímicos.

Existen dos formas de fermentar la cascarilla de arroz:

- **Fermentación aeróbica:** es un proceso de humectación del material y degradación de residuos en presencia de oxígeno, que dura entre 5 a 10 días, según el manejo dado. El material se moja bien diariamente y se voltea dos o tres veces durante el proceso. Otra opción es dejarlo a la intemperie durante los períodos lluviosos, realizando volteos periódicos.
- **Fermentación anaeróbica:** Es un proceso que se lleva a cabo en ausencia de oxígeno. El material se sumerge en un estanón con agua durante 10 a 12 días. Es poco efectivo en eliminar los residuos de arroz, ya que la fermentación de los almidones es demasiado lenta. Además, produce olores fuertes (fermentación) por lo que es necesario cambiar periódicamente el agua.

5.4.2 Arena de río o de tajo: Presenta una buena estabilidad física y una excelente aireación; no debe contener tierra ya que fija el fósforo y puede albergar patógenos.

5.4.3 Gravas o quintilla: Compuesta de roca triturada, tiene buen drenaje pero baja capilaridad, por lo cual se recomienda para cultivos en bancales. Por lo afilado e irregular de las partículas puede causar deformación en los cultivos a nivel de tallo y en el bulbo o raíz, tales como el rábano, zanahoria y cebolla.

5.4.4 Piedrilla volcánica: Puede ser de color rojo o negro y tiene una buena porosidad interna que le permite retener humedad.

5.4.5 Piedra pómez: Es un material color blanco, poroso, físicamente estable y liviano, es una buena opción para ser utilizada en aquellos lugares que esté disponible, por ejemplo en Liberia Guanacaste, debido a su precio.

5.4.6 Ladrillos y tejas quebradas: Tienen una excelente porosidad y son de bajo costo. No obstante, tiende a disgregarse físicamente a través del tiempo y si la forma de las partículas es muy irregular presenta los mismos problemas que la grava.

5.5 La desinfección del sustrato:

Es el punto de partida en la prevención de plagas y enfermedades. Microorganismos tales como hongos, bacterias, virus, nematodos e insectos que pueden diseminarse a través del sustrato. Por tanto, es necesaria su desinfección antes de usarlo, sobre todo si se ha dejado en contacto con el suelo. Los métodos para dicho proceso se clasifican de la siguiente forma:

5.5.1 Métodos naturales: Estos no utilizan plaguicidas o sustancias tóxicas. Dentro de estos tenemos los siguientes:

- **Solarización:** el sustrato se humedece, luego se extiende a una altura de veinte centímetros dentro de bolsas plásticas transparentes bien amarradas y se dejan expuestas al sol por un tiempo de 15 a 22 días mínimo. Las altas temperaturas que se generan durante el día y las bajas temperaturas por la noche, hacen que se dé un proceso de pasteurización natural, que permite eliminar semillas, insectos, hongos y bacterias.
- **Vapor de agua:** el tratamiento con calor entre de 70 a 80° C, ha demostrado ser uno de los métodos más efectivos para desinfectar sustratos, puesto que la mayoría de Microorganismos patógenos son destruidos a temperaturas alrededor de 75° C. Además, a estas temperaturas sobreviven otros microorganismos benéficos.
- **Agua hirviendo:** se aplica saturando bien el sustrato, luego se cubre y se deja enfriar para la siembra.
- **Extractos naturales:** por ejemplo el de semillas de cítricos. Se aplica directamente al sustrato una vez realizada la limpieza.
- **Materiales biológicos:** Para complementar la desinfección por medio de cualquiera de los anteriores métodos, se pueden realizar aplicaciones con hongos antagonistas (después de la desinfección) como por ejemplo: *Trichoderma* sp. y *Lactobacillus*

5.5.2 Métodos químicos: Se usan productos químicos tales como fungicidas y desinfectantes de sustratos (especialmente si se presentan enfermedades, o plagas invertebradas) estos se usan siguiendo las normas recomendadas, de lo contrario pueden representar un peligro para el ambiente, trabajadores y consumidores.

Otra opción es utilizar soluciones desinfectantes menos peligrosas como Cloro de uso doméstico (40 ml/litro de agua). Los sacos con sustrato se sumergen en esta solución por 30 minutos. Posteriormente el sustrato se saca y se deja drenar, luego se coloca en la cama de cultivo por unos dos días, para que el cloro se evapore o bien se lava con agua abundante para luego proceder a sembrar.

CAPÍTULO 6 - La nutrición en cultivos hidropónicos

6.1 Los nutrimentos minerales

6.2 Absorción de los nutrientes en la planta

6.3 Movilidad de los nutrientes

6.4 Funciones de los elementos y síntomas de deficiencia

6.5 La solución nutritiva hidropónica

Objetivo

Conocer los aspectos básicos de la nutrición de las plantas cultivadas en sistemas hidropónicos

Existen 16 elementos considerados esenciales para el desarrollo vegetal y se clasifican según la cantidad en que las plantas los absorben:

- **Macroelementos no minerales:** las plantas los requieren en grandes cantidades y los obtiene del aire y del agua, estos son Carbono (C), Oxígeno (O) e Hidrógeno (H).
- **Macronutrientes primarios:** Son minerales que las plantas requieren en cantidades altas. Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K).
- **Macronutrientes intermedios o secundarios:** Son minerales que las plantas requieren en cantidades intermedias. Azufre (S), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg).
- **Micronutrientes:** Las plantas los requieren en cantidades muy pequeñas, incluyen el cobre (Cu), manganeso (Mn), cinc (Zn), hierro (Fe), boro (B), molibdeno (Mo) y cloro (Cl).

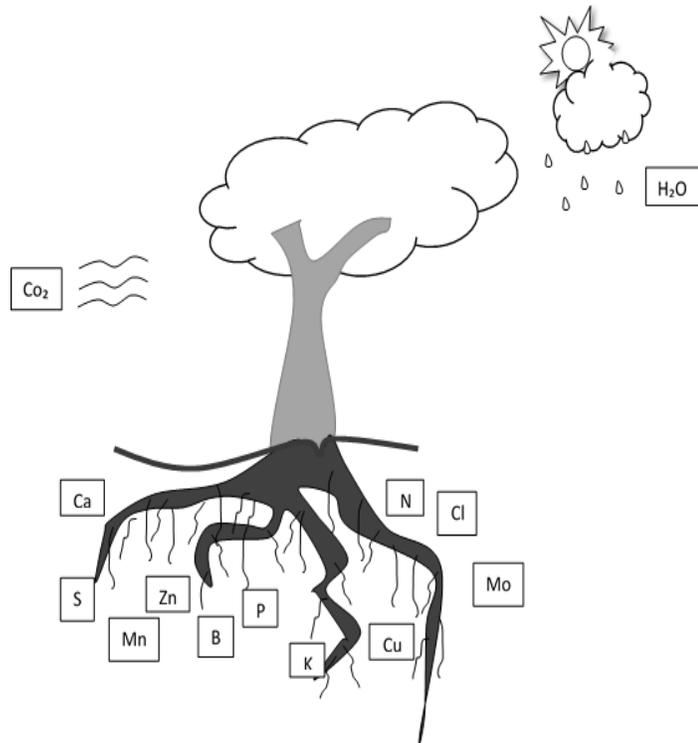
Otros elementos, no esenciales pero que en algunos casos pueden ser beneficiosos para la planta son el Cobalto (Co), el sílice (Si), el sodio (Na), el Galio (Ga) y el Vanadio (Va)

De los 16 elementos esenciales, en el caso de cultivos hidropónicos, 12 son aportados por la solución nutritiva, mientras que, el carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O) son obtenidos del aire y agua. En cuanto al cloro, si se trabaja con agua potable (cañería), ya contiene cloro por lo que no se adiciona.

6.1 Absorción de los nutrientes en la planta

Los nutrientes minerales disueltos en la solución nutritiva son absorbidos por las raíces y luego distribuidos a los diferentes órganos de la planta donde cumplen funciones específicas.

Para una óptima nutrición es necesario aplicar los nutrientes en las cantidades requeridas y en la proporción adecuada.



17: Nutrientes absorbidos por la planta

6.2 Movilidad de los nutrientes

Se consideran elementos móviles dentro de la planta el nitrógeno, fósforo, potasio, molibdeno y magnesio los primeros síntomas de deficiencia aparecen en las hojas viejas. El calcio, manganeso, boro, hierro, cobre y zinc son poco móviles dentro de la planta, por lo que, los síntomas de deficiencia se manifiestan en las partes jóvenes de la planta, como hojas, frutos y brotes nuevos en crecimiento.

Los síntomas de deficiencia se identifican relacionando la función y la movilidad del nutriente. Esta se refiere a la velocidad con que se mueven los nutrientes dentro de la planta, una vez que son absorbidos; desde las partes viejas hacia los brotes en crecimiento.

6.3 Funciones de los elementos y síntomas de deficiencia

De acuerdo con Bertsh, 1998; Kass, 1998; Núñez, 2000; De Villaroel y Alfaro, 1997, se describe a continuación las funciones y deficiencias de los diferentes nutrientes minerales que componen la solución nutritiva:

Cuadro3: Nutrimientos primarios funciones y síntomas de deficiencia

Nutrimientos primarios	Función	Síntoma de deficiencia
N (Nitrógeno)	<ul style="list-style-type: none"> - Crecimiento de la planta - Formación de proteínas - Color verde en follaje y tallos 	<ul style="list-style-type: none"> - Amarillamiento inicial de las hojas más viejas - Poco desarrollo
P (Fósforo)	<ul style="list-style-type: none"> - Formación y de crecimiento raíces - Acelera la maduración y estimula la coloración de los frutos - Formación de semillas - Aumenta resistencia a enfermedades 	<ul style="list-style-type: none"> - Aparición de hojas y tallo color verde oscuro púrpura. Primero en hojas maduras - Aspecto raquítico de la planta - Bajo rendimiento de frutos y semillas
K (Potasio)	<ul style="list-style-type: none"> - Resistencia contra enfermedades y plagas - Ayuda en producción de proteínas - Mejor calidad de productos - Mejora el balance de agua en la planta 	<ul style="list-style-type: none"> - Quema de hojas en los bordes y puntas. Primero en hojas maduras - Pobre desarrollo de raíces. - Achaparramiento

Cuadro4: Nutrimientos intermedios funciones y síntomas de deficiencia

Nutrimientos intermedios	Función	Síntoma de deficiencia
Ca (Calcio)	<ul style="list-style-type: none"> - Fomenta desarrollo de raíces - Favorece cuaje de flores - Rigidez y estabilidad estructural de tallos, hojas y frutos. - Impulsa la producción de semillas 	<ul style="list-style-type: none"> - Malformación de hojas jóvenes (acucharamiento) y frutos. - Cogollos afectados. - Raíces más cortas.
Mg (Magnesio)	<ul style="list-style-type: none"> - Componente esencial de la clorofila - Necesario en formación de azúcares - Actúa en el transporte del fósforo - Promueve la formación de grasas y aceites - Ayuda en la absorción de P 	<ul style="list-style-type: none"> - Amarillamiento entre venas. Primero en hojas basales. - Tallos débiles
S (Azufre)	<ul style="list-style-type: none"> - Ingrediente esencial de las proteínas - Aumenta el crecimiento vegetativo y la fructificación - Estimula crecimiento de raíces - Ayuda a mantener color verde intenso - Propicia la formación de semilla 	<ul style="list-style-type: none"> - Hojas jóvenes color verde claro y sus venas aún más claro - Tallos cortos y desarrollo lento.

Cuadro 5: Micronutrientos funciones y síntomas de deficiencia.

Micronutrientos	Función	Síntomas de deficiencia
Cu (Cobre)	<ul style="list-style-type: none"> - Presente en ciertas proteínas que participan en la fotosíntesis. - Promueve la formación de vitamina A. - Importante en la respiración de la planta 	<ul style="list-style-type: none"> - Necrosis en la punta y margen de hojas jóvenes - Poco desarrollo de las plantas - Escasa formación de la lámina de la hoja. - Enrollamiento de la hoja hacia la parte interna (acucharamiento)
B (Boro)	<ul style="list-style-type: none"> - Mejora la fertilidad del polen - Relacionado con la asimilación de Calcio - Transporte de azúcares y almidón dentro de la planta 	<ul style="list-style-type: none"> - Anula el crecimiento de tejidos nuevos - Hojas con textura coriáceas - Tallos quebradizos y agrietados - Necrosis y muerte de regiones meristemáticas
Fe (Hierro)	<ul style="list-style-type: none"> - Participa en la biosíntesis de la clorofila. - Participa en la formación de proteínas 	<ul style="list-style-type: none"> - Color pálido amarillento en hojas jóvenes - Raíces cortas y ramificadas - Parece a la deficiencia de magnesio, pero en hojas jóvenes
Mn (Manganeso)	<ul style="list-style-type: none"> - Acelera la maduración y germinación de semillas - Aumenta el aprovechamiento de calcio, magnesio y el fósforo - Ejerce funciones en la fotosíntesis 	<ul style="list-style-type: none"> - Clorosis entre las venas de las hojas jóvenes - Hojas con clorosis mueren y caen.
Zn (Cinc)	<ul style="list-style-type: none"> - Forma parte de la clorofila - Actúa en el crecimiento - Activador de enzimas 	<ul style="list-style-type: none"> - Tamaño de entrenudos y hojas se reduce, especialmente el ancho

<p>Mo (Molibdeno)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Esencial en el metabolismo del nitrógeno y fósforo. - Participa en la asimilación y transporte de hierro 	<ul style="list-style-type: none"> - Empieza con un moteado entre las venas de hojas inferiores que se pueden encorvar y secar. - Se inhibe la floración - Afecta el desarrollo de las especies crucíferas, remolacha, tomates y legumbres.
<p>Cl (Cloro)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Permite que las células se hidraten - y mantengan la turgencia celular 	<ul style="list-style-type: none"> - Marchitamiento inicial de las hojas y luego se vuelven cloróticas originando un color bronceado y después mueren.

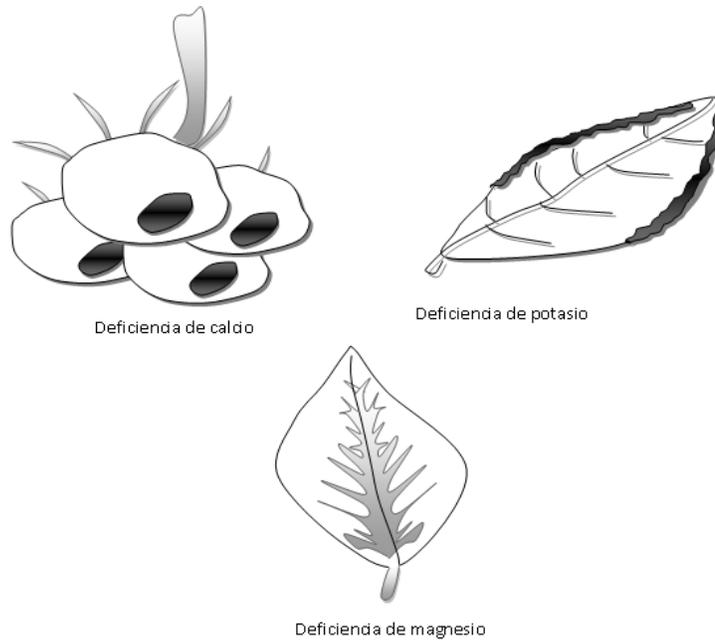


Figura 18: Algunos síntomas de deficiencia nutricional

6.3.1 Interrelaciones entre los nutrientes.

Para un crecimiento óptimo de los cultivos, los elementos minerales deben ser absorbidos y distribuidos en proporciones adecuadas. La falta o el exceso de

uno de ellos pueden causar deficiencia o toxicidad o impedir la absorción de otros elementos.

Existen interacciones de antagonismo, sinergismo y bloqueo entre los diferentes nutrientes minerales, tanto en solución nutritiva como dentro de la planta. Por ejemplo un exceso de N puede inducir la deficiencia de K por otro lado un exceso de Ca puede provocar deficiencia de K, Mg, B, Mn, Zn. Por tanto, los excesos o falta de uno u otro nutriente puede afectar los procesos de absorción y nutrición de la planta. Cuando se formulan soluciones nutritivas es recomendable que la concentración de cada nutriente se encuentre dentro de los rangos establecidos.

6.3.2 Ley del mínimo

La ley del mínimo propuesta por Liebig dice que el nutrimento que se encuentre menos disponible es el que limita la producción, aun cuando los demás nutrimentos existan en cantidades suficientes.

Esta ley es representada como el “concepto del barril”, el barril está compuesto de tablas de diferentes longitudes que representan a los factores participantes en el proceso y por lo tanto este no puede contener nada que sobrepase la altura de la tabla más corta (Figura 18).

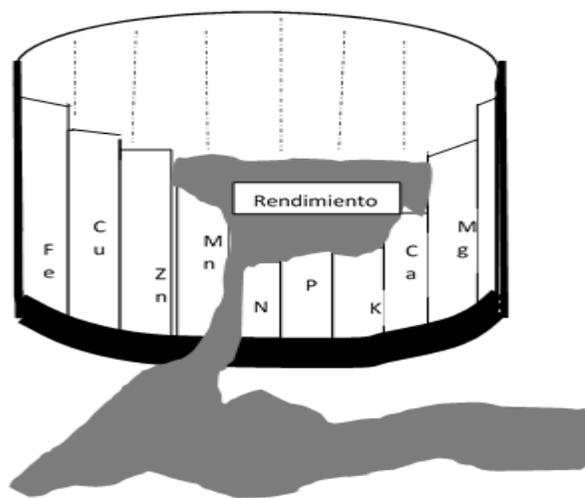


Figura 19: Ley del mínimo (concepto del barril)

6.4 La solución nutritiva hidropónica

La solución nutritiva se prepara disolviendo cantidades determinadas de sales minerales (cuadro 6) en agua, con el propósito de obtener una solución balanceada que contenga todos los nutrientes necesarios para el óptimo desarrollo de los cultivos.

Las sales fertilizantes usadas para preparar soluciones nutritivas deben tener una alta solubilidad y un elevado grado de pureza. Los fertilizantes comunes que se usan para suelos no se recomiendan, porque contienen impurezas de relleno, como arcillas y grasas.

Cuando se preparan soluciones madres, es necesario combinar diferentes fuentes fertilizantes. Pero antes, se debe considerar la **incompatibilidad** entre estas fuentes, ya que pueden reaccionar formando compuestos sólidos poco solubles que se sedimentan y hacen que algunos nutrientes no puedan ser absorbidos por la planta. Por ejemplo, no se debe mezclar sales que contienen calcio con fertilizantes que tienen azufre y fósforo ya que el calcio reacciona con el fósforo o con el azufre y se forma un sedimento blanco (yeso) muy poco soluble y aprovechable por las plantas.

Otro aspecto a considerar es la **solubilidad** de las sales, la cual se define como la cantidad máxima de sal que se disuelve en un litro de agua, a una temperatura dada. Si se sobrepasa esta cantidad, la concentración de nutrientes sería errónea y hay riesgo de obstrucción de goteros en los sistemas de riego.

En el cuadro 6, se presentan algunas sales minerales que se venden en los comercios y que se utilizan para preparación de soluciones nutritiva

Existen muchas fórmulas desarrolladas en diferentes universidades y estaciones experimentales para muchos cultivos en hidroponía y en cada una se utilizan diferentes sales minerales pero todas persiguen proveer a la planta con las cantidades de nutrientes que la planta necesita.

Cuadro 6: Sales fertilizantes utilizadas en hidroponía como fuente de nutrientes

Sal fertilizante	Composición
Fosfato monopotásico	34% K ₂ O, 53% P ₂ O ₅
Fosfato monoamónico	12%N(NO ₃),21% P,48% P ₂ O ₅
Nitrato de amonio	16,7% N(NO ₃), 16,7% N(NH ₄)
Nitrato de calcio	14,4% N(NO ₃), 1,1% N(NH ₄) 19% Ca, 26,6% CaO
Nitrato de potasio	13% N(NO ₃), 38% K, 46% K ₂ O
Sulfato de amonio	21% N(NH ₄), 60% SO ₃
Sulfato de magnesio	16% Mg, 32,5% SO ₃
Sulfato de potasio	47,5% SO ₃ , 50%K ₂ O
Ácido fosfórico	52% P ₂ O ₅ , 23,7% P

6.4.1 Definiciones:

- **Solución Madre:** se prepara disolviendo cantidades específicas de sales minerales en agua. La soluciones madre nunca deben aplicarse directamente a las plantas ya que están muy concentradas y pueden provocar fitotoxicidad.
- **Solución Diluida:** esta se prepara disolviendo las soluciones madres en una gran cantidad de agua para luego aplicarla directamente a las plantas. En este caso no se van a presentar problemas de fitotoxicidad.

El cuadro 7 muestra las cantidades de sales minerales para preparar la “Fórmula Nutritiva Básica INA”, la cual fue desarrollada en el Centro Nacional especializado La Granja Modelo del INA y que se ha empleado en nuestro país con éxito durante muchos años en cultivos de hoja como lechuga, apio, culantro, etc. así como en las primeras etapas de desarrollo en cultivos con fruto como chile, tomate, pepino, etc. En los Anexos 1 y 2 se incluyen otras fórmulas que se pueden emplear en varios cultivos específicos.

Cuadro 7: Fórmula nutritiva “básica”INA. Fertilizantes (gramos) por litro de agua, para preparar las soluciones madre A, B y C. Granja Modelo. INA. 2002)

Solución A	Cantidades g de sal			
	1 litro	2 litros	3 litros	4 litros
Fosfato monopotásico	45	90	135	180
Nitrato de potasio	115,6	231,2	346,8	462,4
Sulfato de magnesio	106,6	213,2	319,8	426,4
Solución B				
Fertilón combi 1	5	10	15	20
Ácido bórico	1	2	3	4
Solución C				
Nitrato de calcio	150	300	450	600

El fertilón combi-1 se puede sustituir por otras fuentes de elementos menores, siempre y cuando se tome en cuenta el aporte de nutrientes según la concentración en el producto comercial, por ejemplo se puede usar Nutrex a razón de 3 g/l o bien Oligomix 12 g/l (Ureña, 2016)

6.4.2 Ejemplo del procedimiento para la elaboración de soluciones madre

Preparar 1 litro de solución A:

- Colocar 500 cc de agua en un recipiente
- Agregar 45 g de fosfato monopotásico y disolver completamente utilizando un agitador.
- Agregar 115,6 g de nitrato de potasio y disolver
- Agregar 106,6 g de sulfato de magnesio y disolver
- Anadir agua hasta completar 1 litro de solución madre A

- Colocar dentro de un envase oscuro y rotularlo.

Preparar 1 litro de solución B

- Colocar 500 cc de agua en un recipiente
- Agregar 5 g de fertilón combi 1 y disolver
- Agregar 1 g de ácido bórico y disolver
- Añadir agua hasta completar 1 litro de solución madre B
- Colocar dentro de un envase oscuro y rotularlo.

Preparar 1 litro de solución C

- Colocar 500 cc de agua en un recipiente
- Agregar 150 g de nitrato de calcio y disolver
- Anadir agua hasta completar 1 litro de solución madre C
- Colocar dentro de un envase oscuro y rotularlo.

Las soluciones A, B y C son concentrados que deben mantenerse siempre separados en sus respectivos envases (Figura 20). Si se almacenan debe

buscarse un lugar fresco alejado de la luz y fuera del alcance de los niños.

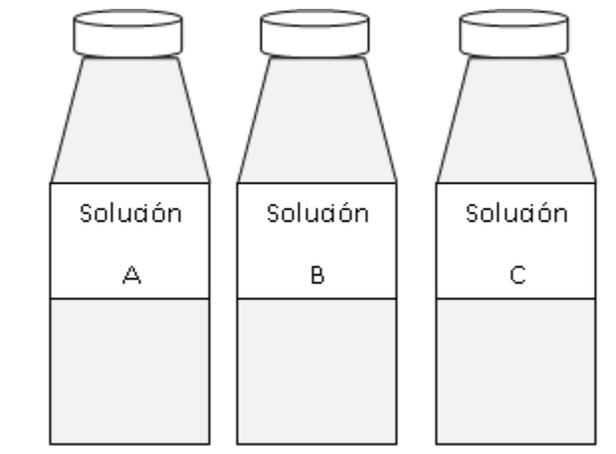


Figura 20: Soluciones A, B y C en envases separados

6.4.3 Preparación de la solución para riego de los cultivos.

Cuando se mezclan las soluciones A, B y C en abundante agua, se obtiene la solución de riego para las plantas. La dosis requerida para almácigo se analiza en la sección 4.7.2 y la dosis requerida para cultivos después del trasplante se analiza en las secciones 7.1.4 y 8.1.4

CAPÍTULO 7

Sistemas hidropónicos con sustrato sólido

7.1 Cultivo en camas o bancales

7.2 Cultivo en columnas

7.3 Cultivo en recipientes individuales.

Objetivo

Conocer los aspectos básicos de los sistemas hidropónicos que utilizan sustrato sólido

En estos sistemas el cultivo se establece en un medio sólido como carbón vegetal, arena, piedra volcánica, fibra de coco, cascarilla de arroz, o la mezcla de algunos de ellos.

En esta modalidad la función del sustrato es sostener a las plantas y proveer una matriz para el desarrollo de las raíces y el almacenamiento del agua y los nutrientes.

7.1 Cultivo en camas o bancales

En este sistema el sustrato está contenido en una estructura cuadrada o rectangular de madera, plástico, aluminio u otro material no corrosivo, sobre la superficie del suelo o colocada en bancas (figura 21).

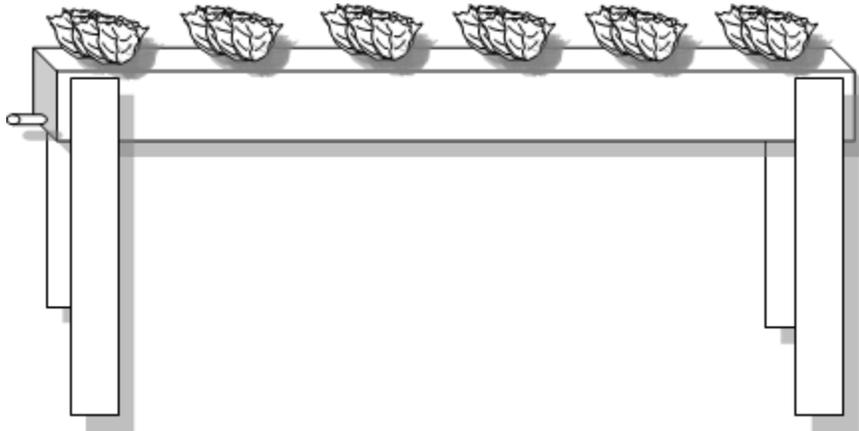


Figura 21: Cama hidropónica

7.1.1 Recipiente

a) Dimensiones: El tamaño es variable y depende del espacio donde se establecerá la huerta y de los materiales disponibles. No obstante, la **longitud** puede ser la que permita el terreno; un **ancho** tal que la persona pueda trabajar sin dificultades por ambos lados, y la **profundidad** también puede variar de 10 a 20 centímetros, de acuerdo con el cultivo. La distancia entre camas debe ser tal que permita el paso de un carrito.

Las camas más económicas están hechas con estacas y plástico de polietileno negro sobre la superficie del suelo (figura 22). En este caso por la Cercanía al suelo debe prestarse atención a la incidencia de babosas

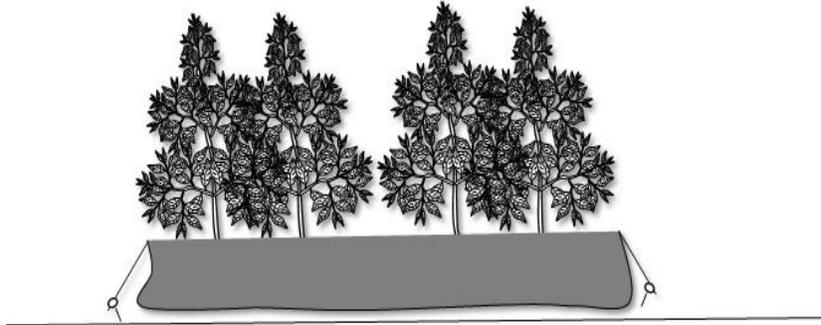


Figura 22: Producción en cama sobre el nivel del suelo.

b) Impermeabilización: Se puede utilizar pintura especial o plástico de polietileno de color oscuro con un espesor de 6 a 8 milésimas de pulgada (figura 23).

c) Orificios de salida o drenaje: En épocas muy lluviosas es necesario inclinar la cama de 1 a 3% sobre el largo, para evacuar el exceso de agua. Para esto se instala un trozo de manguera al final de cama a 0.5 o 1.0 centímetro del fondo, la cual es la única salida de agua que tiene el contenedor (figura 21)

d) No debe tener depresiones internas, bolsas o arrugas que causen la acumulación permanente de agua en el fondo.

e) Debe ser económico.

f) Debe ser durable y resistente a la acción del sol, agua y sales minerales.

g) Debe ser químicamente inerte.

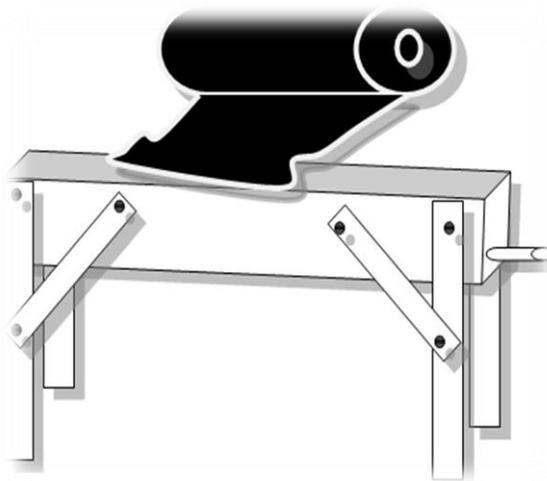


Figura 23: Cama de madera con plástico para impermeabilizar

7.1.2 El sustrato.

En este sistema se pueden utilizar todos los tipos de sustratos orgánicos e inorgánicos. Tradicionalmente se han usado mezclas de cascarilla de arroz con materiales inorgánicos como piedra volcánica, en diferentes proporciones. Sin embargo, debido a las desventajas que presentan estas mezclas, se recomienda utilizar los materiales sin mezclar. La cascarilla de arroz con el tiempo se pudre y se vuelve susceptible a la contaminación por hongos y bacterias, da un aspecto sucio al sustrato y hace necesario el lavado periódico, labor que resulta tediosa y costosa.

Cuando se usan materiales inorgánicos, su vida útil es mucho mayor ya que se degrada más lentamente y es menos susceptible a la contaminación, por lo que a largo plazo es más rentable.

Preparación del sustrato:

a- Seleccionar el tamaño de partícula: Para este se puede usar una zaranda de 12.5 milímetros máximo para aprovechar la mayor cantidad de sustrato cuando se tienen materiales gruesos.

b- Lavado: Se utiliza una zaranda fina de 0.5 milímetro para eliminar suciedad (polvo, tierra), y así evitar la sedimentación en el fondo de la cama. Los materiales muy finos disminuyen la aireación y afectan las raíces.

c- Desinfección: Se puede utilizar el método de solarización, agua hirviendo o cloración. Este último se recomienda para materiales de origen mineral como piedrillas, pero no es recomendable para sustratos orgánicos como la fibra de coco o carbón, pues pueden retener mucho cloro y afectar posteriormente los cultivos. El agua hirviendo se aplica con regadera sobre el sustrato extendido en la cama de cultivo, seguidamente se cubre con un plástico para aprovechar más el calor generado por el agua caliente. También se pueden utilizar productos orgánicos como el extracto de semilla de cítricos.

7.1.3 La siembra.

Se puede realizar de forma directa o indirecta (trasplante), según la hortaliza por sembrar.

Siembra directa.

En la siembra directa la semilla se coloca en el sitio definitivo hasta la cosecha. Por ejemplo: el rábano, mostaza, vainica, culantro y zanahoria. Realice los siguientes pasos:

- Proceda a nivelar el sustrato en la cama utilizando una regla.
- Humedezca con abundante agua, empleando una regadera de salida fina.
- Coloque la semilla respetando la respectiva distancia de siembra (cuadro 2). Se recomienda como máximo de profundidad de siembra de 2 a 3 veces el diámetro de la semilla
- Cubra la semilla con una capa fina de sustrato
- Aplique de nuevo un riego ligero con agua, empleando regadera de gota fina.

El cultivo de rábano se siembra en hileras separadas a 15 centímetros, se colocan las semillas espaciadas a 5 centímetros y se tapan. En el caso de culantro y zanahoria se siembra a chorro (sin excesos) en hileras separadas entre 15 y 20 centímetros (cuadro 2).

Si hay aguaceros o veranos muy fuertes, se utiliza algún tipo de cobertura para pregerminar, tales como láminas de papel periódico u otro material que cubra toda la superficie. Esto permite mantener la humedad uniforme y evita que el agua saque la semilla, durante la etapa inicial de germinación.

Siembra indirecta o trasplante

En siembra indirecta o por trasplante se hace el almácigo para luego trasladar la plántula a la cama de cultivo. Se utiliza en chile, tomate, apio, lechuga, perejil, pepino, melón y cebolla, entre otros. En el cuadro 2 se describe el momento óptimo de trasplante de acuerdo con la edad en días, así como la distancia de siembra según el cultivo.

Procedimiento:

- El sustrato se nivela y se compacta ligeramente; luego se humedece antes de trasplantar.
- Marque los sitios de siembra, a las distancias indicadas, y dejando un espacio de 5.0 a 8.0 centímetros de distancia del borde de la cama hacia adentro del recipiente.
- Saque las plántulas presionando suavemente para que las raíces salgan con el sustrato adherido (adobe) y evite el maltrato. Además, no se deben tomar las plántulas de las hojas para extraerlas del recipiente, porque se dañan.
- Las plantas se siembran ligeramente por encima del nivel original que tenía en el almácigo y si hay mucho viento se puede profundizar un poco más, teniendo el cuidado de no obstaculizar la salida de las hojas

nuevas. Se siembra una plántula por hueco presionando suavemente alrededor de la misma, con el objeto de que no queden bolsas de aire.

7.1.4 Labores de mantenimiento de cultivos.

a. Preparación de la solución nutritiva para riego de los cultivos

La solución para riego de los cultivos establecidos se prepara diluyendo en agua las soluciones Madre A, B y C. La dosis para **un litro de agua** es de:

- 5 ml de Solución Madre A
- 2.5 ml de Solución Madre B
- 5 ml de Solución Madre C

Si por ejemplo se va a preparar 10 litros de solución diluida para riego. A 10 litros de agua se les agrega A, B y C calculada de la siguiente manera:

5 x 10: 50 ml de A

2.5 x 10: 25 ml de B

5 x 10: 50 ml de C

Durante la preparación de la solución nutritiva para regar las plantas las soluciones A, B y C deben aplicarse una tras otra en el agua.

El volumen de agua que se requiere aplicar a las camas de cultivo durante un día depende de las condiciones climáticas. En clima frío una cama de 1 metro cuadrado necesita de 2 a 2.5 litros de solución diluida por día. En clima moderado de 2.5 a 3.5 litros por día. Y en clima caliente entre 3 y 5 litros por día.

La solución diluida se aplica en las camas dos o tres veces al día. Por ejemplo si se riega una cama de 1 metro cuadrado, en un clima moderado, se emplea:

- 1 litro de solución alrededor de las 7:00 am
- 1 litro de solución alrededor de las 10:00 am

- 1 litro de solución alrededor de la 1:00 pm

En días muy calientes se puede realizar riegos adicionales con agua pura para refrescar los cultivos.

Si se utiliza un sistema de riego automatizado se puede aplicar riegos cortos durante todo el día, pero respetando el volumen total diario de solución.

La solución nutritiva se debe aplicar, preferiblemente, al sustrato en el área de la raíz, para evitar el exceso de humedad sobre las hojas, que favorezcan la aparición de enfermedades. En términos generales, se aplica entre 2 a 5 litros de solución nutritiva, por metro cuadrado de cultivo.

Un volumen menor de solución nutritiva se utiliza cuando las plantas se encuentran en el semillero, plantas pequeñas y en climas fríos. Los volúmenes mayores se utilizan cuando las plantas entran a la etapa de floración y formación de partes comestibles o en climas calientes.

b- El riego de lavado: Las plantas absorben el agua a mayor velocidad que los elementos minerales, lo cual hace que los minerales disueltos en la solución nutritiva se acumulen paulatinamente alrededor de las partículas del sustrato, produciendo un aumento en la salinidad (conductividad eléctrica) del medio de cultivo. Por esta razón, en cultivos bajo techo o en época seca, al aumentar la salinidad a las plantas se les dificulta la absorción de agua y en algunas ocasiones puede llegar a manifestar marchitez aun teniendo suficiente humedad en el sustrato. En estos casos se recomienda regar solo con agua (sin solución nutritiva), uno o dos días por semana para diluir la concentración de sales y con ello bajar la salinidad a un nivel apropiado para la planta. Esta situación no es un problema en cultivos a la intemperie en invierno, donde la misma lluvia se encarga de realizar el riego de lavado y la mayor preocupación es que el clima permita la aplicación de solución nutritiva.

c- Podas y deshija: consiste en eliminar hojas o brotes nuevos no deseados, ya sea por malformación, por estar dañados o enfermos y sacarlos fuera del área de cultivo.

d- Escarda: En algunos sustratos de origen orgánico, por la acción del riego, la lluvia, formación de algas y la degradación, el sustrato se puede compactar. Además, la evaporación del agua forma una costra de sales en la superficie. Por esto puede ser necesario remover la capa superficial del sustrato a uno o

dos centímetros de profundidad para airear el sustrato, con el cuidado de no dañar las raíces

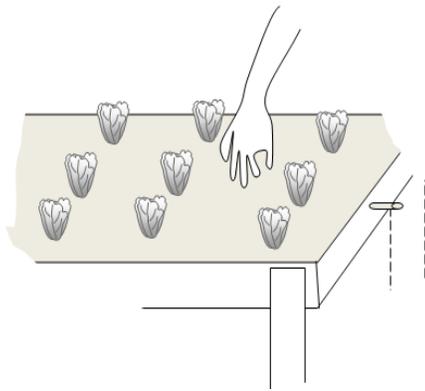


Figura 24: Escarda de cama hidropónica

El raleo: Los cultivos de siembra directa, como el rábano, en ocasiones se siembran muy juntos, por lo que se seleccionan las mejores plantas y se eliminan las peores,

con el fin de obtener una mejor calidad de producto.

f- Acondicionamiento de la cama después de una cosecha: Después de la cosecha el sustrato finaliza sumamente sucio y contaminado con exceso de sal y organismos indeseables. Por esta razón después de una cosecha el sustrato nuevamente debe acondicionarse para el nuevo ciclo de cultivo. Se pasa a través de una zaranda para eliminar restos de raíz y otros vestigios de planta; se lava, se desinfecta y se coloca nuevamente en la cama previamente revisada.

7.2 Cultivo en columnas

Este método consiste en cultivar plantas en columnas rellenas de sustrato, con un diámetro de 25 a 30 centímetros y una altura variable de 0.5 – 2.5 metros. Algunos cultivos que se adaptan a este sistema son el apio, lechuga, cebollino, fresa, perejil, hierbas aromáticas y ornamentales pequeños.

La principal ventaja de este sistema de cultivo es que permite aprovechar al máximo el espacio vertical y consecuentemente, tiene una mayor producción por área. Sin embargo, tiene la desventaja del autosombreo, lo cual afecta la producción en especies que requieren mucha luz; por ejemplo, lechuga, que en esta condición no forma cabeza. Además, en columnas de más de un metro de alto,

se dificulta la uniformidad del riego a lo largo de la columna.

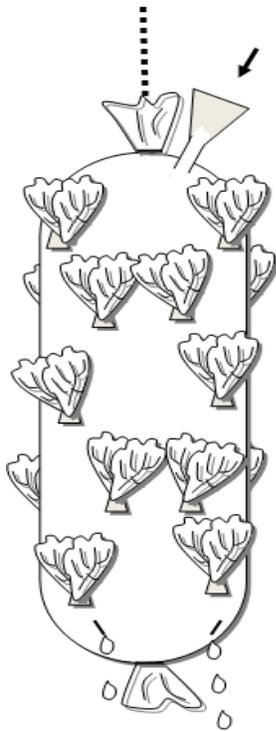


Figura 25: Lechuga en columna de plástico tubular.

El cultivo en columnas presenta dos variantes:

1. Mangas colgantes (polietileno), muy utilizadas en huertos caseros. Se utiliza “plástico tubular” de 1.0 a 2.0 metros de alto y botellas plásticas.

2. Columnas fijas que utilizan tubos rígidos (PVC o macetas de estereofón) o flexibles (polietileno), de hasta 2.0 – 2.5 metros de altura, apoyados sobre el piso.

7.2.1 Características del contenedor.

a. Dimensiones: Son variables, la altura puede ser desde 0.5 a 2.5 metros y el diámetro entre 20 y 30 centímetros.

b. Color: Debe ser preferiblemente plata o blanco en lugares muy soleados y negros o blanco / negro en lugares fríos, pero no puede ser transparente, ya que favorece el desarrollo de algas en su interior por la filtración de rayos solares. Las algas compiten por luz, agua, oxígeno y nutrientes, alteran el pH de la solución nutritiva y por su descomposición aportan materia orgánica.

c. Orificios de drenaje: Debe tener perforaciones en la parte inferior de la columna para evacuar los excesos de agua o de solución nutritiva.

d. Soporte: La estructura de soporte asegura la estabilidad de las columnas o mangas colgantes, para lo cual se puede emplear madera o metal.

7.2.2 El sustrato.

Debe ser liviano, con buena capilaridad y adecuada capacidad para retener agua. Se prefiere un sustrato con un tamaño de partículas entre 4 y 5 milímetros de diámetro y para lo cual se utiliza una zaranda. Algunos sustratos que dan buenos resultados son los siguientes:

1 parte de fibra de coco + 1 parte de carbón vegetal

2 partes de fibra de coco + 1 parte de cascarilla de arroz

7.2.3 La siembra

La distribución de las plantas en la columna, es en pata de gallo. Se marcan los puntos de siembra utilizando un triángulo equilátero de 15 a 20 centímetros, según la distancia de siembra para cada cultivo. La forma del hueco puede ser en T invertida, redondo o triangular con un diámetro de aproximadamente 4 centímetros. El huequeado se realiza después de colocar el sustrato en la columna.

Con el objetivo de disminuir el efecto de autosombreo y lograr una mayor captación de luz solar se recomienda distribuir las columnas en pata de gallo, a una distancia de 0.8 a 1.0 metros entre columnas y de 1.0 a 1.2 metros entre hileras.

7.2.4 Riego y aplicación de solución nutritiva.

En mangas colgantes de aproximadamente 1.0 metro, generalmente el riego se hace por la parte superior usando un embudo o media botella invertida, aunque

también se puede hacer con tubos perforados y colocados internamente al centro del tubular.

En el sistema de columnas fijas con 2.0 a 2.5 metros de alto, se utiliza el sistema por goteo para garantizar la uniformidad del riego. Por encima de las columnas, sobre la estructura de soporte se instalan manguera de polietileno de 16 milímetros de diámetro, con tres goteros para cada columna, conectados a micro tubos de 4 milímetros. Éstos se colocan: uno en la parte superior, los otros dos al inicio del segundo y tercer tercio de la columna.

En términos generales, dependiendo del clima, la especie, edad del cultivo y tipo de sustrato, se aplica de 1.0 a 2.0 litros de solución por día y por cada metro lineal de columna. El residuo de solución se puede recoger en tubos continuos o recipientes colocados debajo de la columna, con el fin de reutilizarlo. Sin embargo, se recomienda riegos cortos y frecuentes para evitar desperdicio de solución nutritiva.

La solución para riego de columnas se prepara diluyendo en agua las soluciones Madre A, B y C. La dosis para **un litro de agua** es de:

- 5 ml de Solución Madre A
- 2.5 ml de Solución Madre B
- 5 ml de Solución Madre C

7.3 Cultivo en recipientes individuales.

Este sistema de producción se refiere básicamente al cultivo en hileras, tales como tomate, chile dulce y picante, pepino, berenjena, albahaca, sandía, melón, etc.

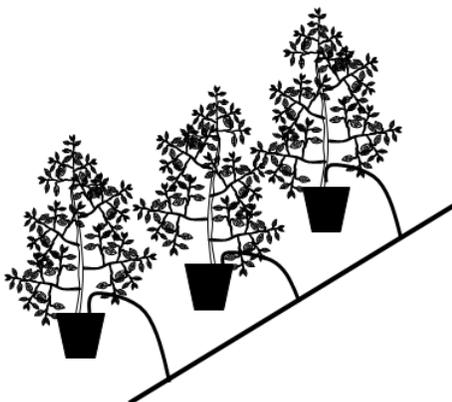


Figura 26: Cultivo en recipientes individuales

7.3.1 El contenedor: Los maceteros plásticos y bolsas de polietileno, son los recipientes más utilizados, aunque también se pueden utilizar recipientes plásticos desechables, como galones, cubetas de pintura o cajas de helados, De acuerdo con el cultivo se deben tomar en cuenta las siguientes características:

a- El tamaño del recipiente: El tamaño varía con el cultivo. Para chile y tomate se recomienda que tenga una capacidad aproximada de 15 litros, esto corresponde a una bolsa de 35 centímetros de ancho y 30 centímetros de alto o un macetero número 1500. El fondo del recipiente debe tener perforaciones o agujeros para permitir el drenaje (la salida del exceso del agua aplicada con el riego de lavado).

b- Calibre y color: Para evitar roturas durante el manipuleo de las bolsas de cultivo, se requiere un calibre mayor de 6 milésimas de pulgada. Dependiendo del clima, se prefiere el negro o blanco / negro que absorben calor para zonas frías, y blanco o plata que reflejan la luz y absorben menos calor, para lugares calientes. Además, es importante que no pase la luz, para evitar el desarrollo y proliferación de algas.

7.3.2 El sustrato:

a- Materiales livianos que faciliten el manipuleo.

b- Buena capilaridad, para que el riego aplicado se distribuya uniformemente en todo lo ancho del contenedor.

c- Una adecuada retención de humedad que permita un mayor intervalo entre riegos, y asegure el agua disponible para la planta, y a la vez, un moderado drenaje.

d- Una buena aireación que permita un buen desarrollo y reacomodo de raíces al espacio reducido del contenedor. Para obtener estas características se recomienda un tamaño de partícula no mayor a 3 milímetros mezclados con otros materiales que mejoren la capacidad de retener agua.

e- Algunas mezclas recomendadas son las siguientes:

1 parte de fibra de coco + 1 parte de carbón vegetal

El carbón se puede sustituir por otros materiales, como, arenilla de río, arena de tajo, piedra volcánica, mientras que la fibra de coco se puede cambiar por turba (peat moss).

También se puede utilizar materiales puros, como piedrilla de volcán, polvo de piedra o piedra pómez, aunque se debe tener el cuidado de que tengan una adecuada proporción de partículas finas y gruesas de hasta 3 milímetros. Un exceso de material fino causa compactación y afecta la aireación, mientras que una alta proporción de material grueso baja la retención de humedad, la capilaridad, y aumenta el drenaje.

7.3.3- Cobertores como aislantes del suelo.

Los recipientes deben colocarse sobre algún material aislante del suelo, tales como plástico negro o blanco / negro, ground cover, piedra cuarta, piedra cuartilla o polvo de piedra, para evitar el contacto de las raíces con el suelo y su posible contaminación.

7.3.4- Distribución y distancias de siembra.

Los cultivos de chile, tomate y berenjena se pueden sembrar a una o a doble hilera, a una distancia entre centros de bolsa a bolsa o maceteros de 40 – 50 centímetros y de 1.0 – 1.50 metros de entrecalle.

Normalmente se cultivan dos plantas por macetero a doble hilera, lo que permite una mayor cantidad de plantas por área, de aproximadamente de 4 a 5 plantas por metro cuadrado. Sin embargo, se han encontrado mejores

resultados de producción en chile dulce (número de frutos por planta), cuando se siembra a un eje (Proyecto de Hidroponía, 2003)

7.3.5 Cultivo en canales o mangas horizontales.

Se puede cultivar en un canal rígido construido de diferentes anchos, longitudes y tipos de materiales, montado sobre marcos de metal o madera. Las canaletas deben ser fáciles de manipular para su limpieza y pueden ser construidas de láminas de polipropileno corrugado, plástico rígido o flexible, fibra de vidrio, madera, PVC y bambú, u otros materiales.

El tubo PVC de cuatro pulgadas y el bambú, cortados a la mitad a lo largo, ha sido empleado con buenos resultados.

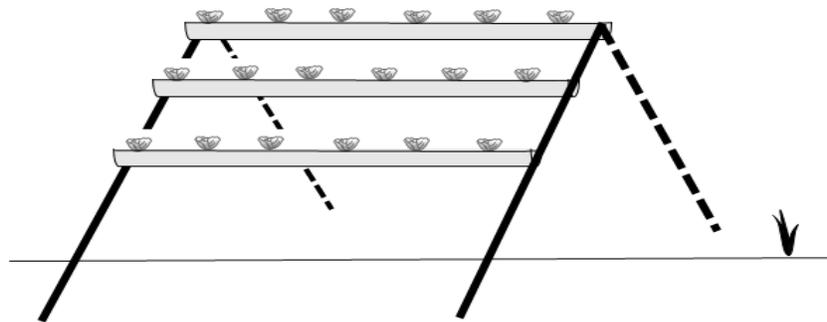


Figura 27: Cultivo en pirámide utilizando canales de PVC

Cuando se utiliza material que se oxide o de poca resistencia a la humedad, se debe revestir su interior con pinturas anticorrosivas protectoras o láminas de plástico.

Los canales angostos de 4 a 5 pulgadas de diámetro, se recomiendan para plantas pequeñas que no necesitan mucho espacio para desarrollar sus raíces, tales como acelgas, rábanos, perejil, culantro, apio, tomillo entre otras.

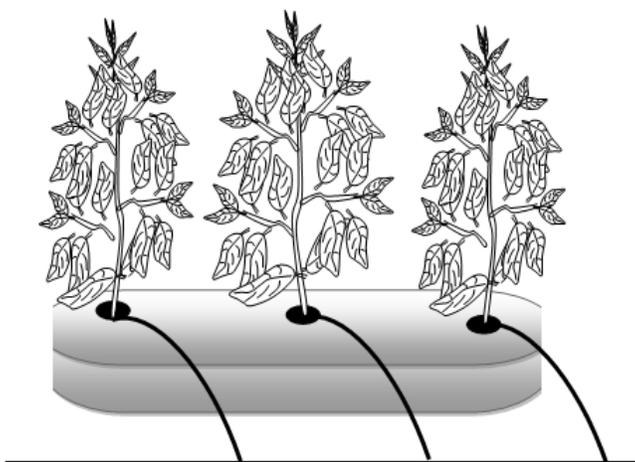
Algunos los canales rígidos como Bambú o PVC, pueden ser usados en las paredes de tapias o casas colocados a diferentes niveles como especie de estantes, en escalera o en pirámide, para aprovechar al máximo el espacio.

Sin embargo, estos sistemas tienen el inconveniente del autosombreo entre plantas, disminuyendo la cantidad de luz captada, por lo cual se recomienda para hortalizas que no requieren mucha luz como el apio, culantro, berro y fresas, entre otros.

Una variante de este sistema es el cultivo en bolsa tubular cerrada, igual al material que se usa para cultivos en columnas, pero colocadas a lo largo sobre el piso y con huecos para sembrar.

Se utiliza en chile, tomate, berenjena y pepinos. Para un mejor manejo, se recomienda llenarlos en saquitos 1.3 metros de largo, hacer un doble en los

extremos y dejar 10 cm de cada lado para hacer el corte donde van las plántulas.



El sustrato empleado es igual al recomendado para cultivos en columnas y en maceteros.

Figura 28: Cultivo en sacos horizontales

7.3.6 Cultivos en doble macetero.

Un recipiente contiene el medio de cultivo y otro la solución. Varias macetas

llenas de sustrato, con una adecuada retención de humedad y buena capilaridad, se colocan en una bandeja o cama que tiene una delgada lámina de solución nutritiva en el fondo, la cual se está reponiendo conforme se evapora y absorbe.

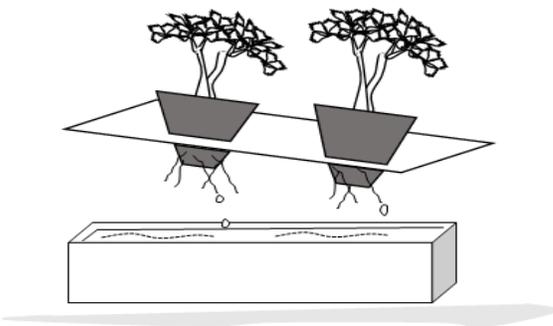


Figura 29: Cultivo en doble maceta

7.3.7 Cultivo en vasos comunicantes

El principio de este sistema es similar al doble macetero pero en este caso la solución nutritiva circula en un sistema de tubería conectado a recipientes plásticos con sustrato.

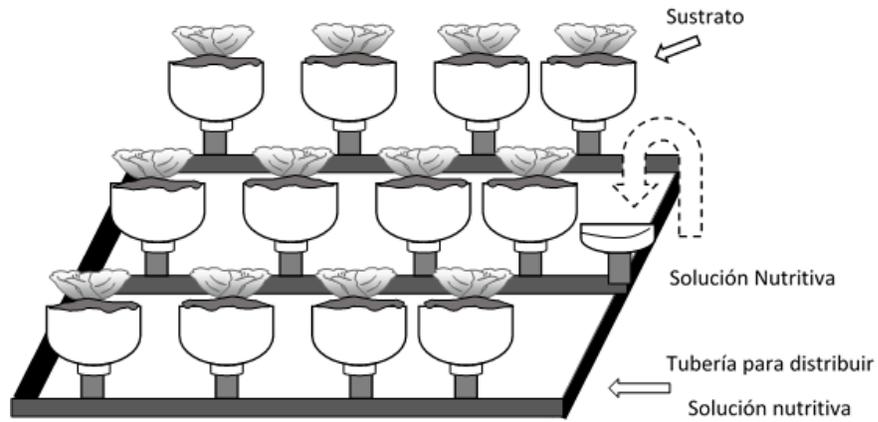


Figura 30: Cultivo en sistema de vasos comunicantes

CAPÍTULO 8 - Sistemas hidropónicos en agua

8.1 Sistema hidropónico Raíz Flotante

8.2 Calidad del agua

8.3 Sistema hidropónico NFT

Objetivo

Conocer los aspectos básicos de los sistemas hidropónicos en agua

Los sistemas hidropónicos en agua constituyen, por definición, la hidroponía clásica, ya que el medio de cultivo es el agua con nutrientes. En esta modalidad las raíces de las plantas están en contacto directo con la solución nutritiva y no se utiliza sustrato sólido.

8.1 Sistema hidropónico Raíz Flotante

Se emplean recipientes de una profundidad de 10 a 15 centímetros, donde las plantas están sostenidas sobre una lámina de estereofón. Las plantas son colocadas en perforaciones hechas en la lámina y las raíces quedan sumergidas en la solución nutritiva.

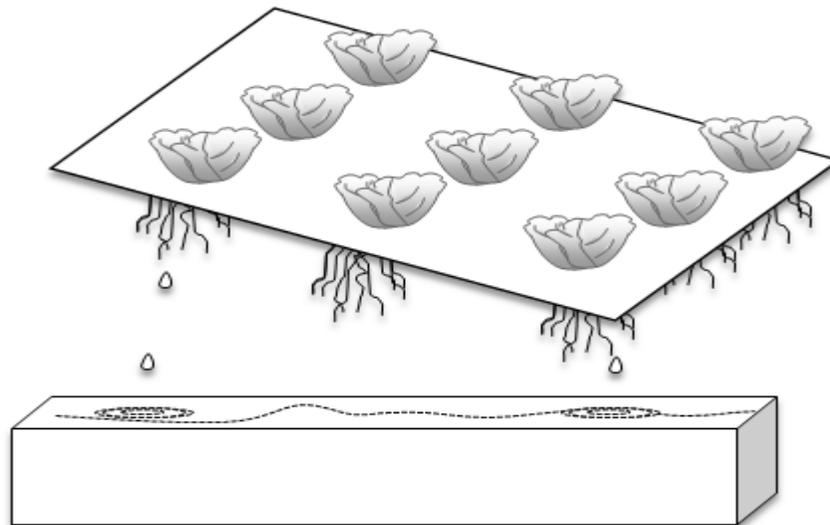


Figura 31: Cultivo en raíz flotante

Las hortalizas de hoja, como lechuga, apio, berros y albahaca, son las más cultivadas en este sistema.

8.1.1 Ventajas y desventajas.

Comparado con el cultivo en sustrato sólido, existen las siguientes ventajas:

- Al no requerir sustrato los costos de producción son menores,
- Se aprovecha en forma más eficiente el agua y los nutrientes y no requiere de sistemas de riego altamente tecnificados que demanden mano de obra profesional y equipos de alto costo.

Dentro de las principales desventajas están las siguientes:

- Extremo cuidado con la calidad del agua, y el manejo de la solución nutritiva, dado el peligro de contaminación con patógenos.
- En grandes plantaciones se requiere equipo costoso para realizar un manejo riguroso de las propiedades químicas del agua, como acidez y salinidad del agua y mantener los niveles adecuados de oxígeno que necesitan las plantas.
- Reproducción de zancudos transmisores de enfermedades al hombre.
- El desecho de la solución residual se puede convertir en una fuente de contaminación ambiental.

8.1.2 Recipiente

Se utilizan recipientes cuadrados o rectangulares, de aproximadamente 10 a 15 cm de profundidad. El largo y el ancho dependen de las dimensiones de la lámina de estereofón que se utilice. Se requiere una lámina de estereofón de 0.5 pulgada de grosor que se coloca sobre el recipiente. La lámina se perfora, respetando las distancias de siembra según el cultivo (Cuadro 2).

8.1.3 Solución Nutritiva

El recipiente se llena completamente con una solución preparada empleando 3.75 ml de A, 2.0 ml de B y 3.75 ml de C por litro de agua.

8.1.4 Trasplante

Las plantas se colocan directamente en canastas plásticas (net pot) o se sujetan a las perforaciones del estereofón con pedazos de espuma de uretano. Las raíces de las plantas deben quedar en contacto con la solución nutritiva.

8.1.5 Cuidados posteriores

Conforme pasan los días el nivel de la solución nutritiva dentro del recipiente va a disminuir. Debe tenerse especial cuidado de mantener un nivel de solución donde las raíces siempre estén en contacto con las raíces.

La solución nutritiva debe oxigenarse 2 o 3 veces al día dependiendo de la temperatura ambiental. Se puede utilizar un mecanismo de aireación como el de las peceras o se puede realizar en forma manual.

Es necesario mantener los recipientes alejados de la lluvia, de lo contrario el exceso de agua va a diluir la solución nutritiva.

8.2 Calidad del agua.

Antes de iniciar el cultivo en agua es importante realizar un estudio de las características físicas, químicas y biológicas del agua. A nivel casero se parte del hecho de que si el agua es potable, se puede utilizar en cultivos en raíz flotante.

8.2.1 Características físicas.

a- Temperatura del agua: Cuando la temperatura del ambiente aumenta, también aumenta la temperatura del agua. Altas temperaturas en la solución nutritiva inducen a un mal funcionamiento de las raíces, por cada grado que sube la temperatura disminuye el oxígeno disuelto y, como consecuencia, se produce quema de raíces y deficiencias de elementos minerales en la planta.

b- El color de la solución nutritiva: debe ser lo más transparente posible, y se debe a las diferentes sustancias disueltas en el agua y su interacción con los rayos solares.

c- Olor: En condiciones normales la solución nutritiva no tiene un olor desagradable. Cuando hay sustancias orgánicas disueltas y en descomposición, se generan olores desagradables (pudriciones).

d- Turbidez: Es un indicador de la presencia de agentes contaminantes, como materia orgánica, bacterias, hongos, algas y otros macro y microorganismos.

8.2.2. Características químicas.

a- Conductividad eléctrica: Es un indicador de la cantidad total de nutrientes disueltos en la solución. Cada cultivo tolera diferentes rangos de conductividad eléctrica (Cuadro 8) y la misma aumenta en la solución nutritiva por efecto de la evaporación y porque las plantas absorben el agua más rápido que los nutrientes minerales disueltos en ella. Para evitar este problema, debe medirse la conductividad y ajustar la solución agregando agua hasta alcanzar un nivel apropiado de conductividad según el cultivo. Los medidores de conductividad o

conductímetros se expresan en ppm (partes por millón), mg/l (miligramos por litro), dS/m, mmhos/cm (Anexo 4).

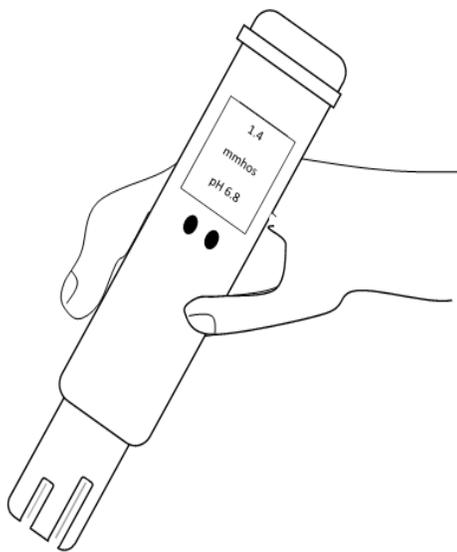


Figura 32: Medidor manual de conductividad eléctrica y pH

Si no se cuenta con un medidor de conductividad, se juega a la prueba y error llevando un control estricto diario de la altura de la lámina de agua, agregando agua un día, y solución nutritiva a media dosis al día siguiente. Con esta alternancia

se evita el aumento en la concentración de sales.

b- El pH: Indica el grado de acidez o alcalinidad de una solución nutritiva y se mide en una escala de 1 a 14. Conforme disminuye el pH por debajo de 7, aumenta la acidez y, cuando se eleva por encima de 7 aumenta la alcalinidad. Alta acidez o alcalinidad afectan la cantidad de nutrientes disponibles para la planta en solución nutritiva. La mayor disponibilidad de nutrientes para la planta

se da en el rango de 6.3 a 6.7. Sin embargo cada planta tiene su rango preferido (Cuadro 8)

Para bajar el pH se agregan ácidos, como ácido cítrico y ácido fosfórico. Para aumentarlo se adicionan sustancias alcalinas como hidróxido de potasio o de sodio. Para medir el pH se utiliza un peachímetro digital o la cinta indicadora de pH, que permiten hacer un control diario.

Cuadro 8: Rangos de Conductividad eléctrica (mmhos/cm) y acidez (pH) para varios cultivos. (Vegetable Requirements, 2016)

Cultivo	Rangos de Conductividad Eléctrica (mmhos/cm)	Rangos de pH
Ajo	1,4 – 1,8	6,0
Apio	1,8 – 2,4	6,5
Cebolla	1,4 – 1,8	6,0 – 6,7
Chile dulce	2,0 – 3,0	6,0 – 6,5
Fresa	0,8 – 1,8	5,5 – 6,5
Lechuga	0,8 – 1,9	5,5 – 6,5
Pepino	1,7 – 2,5	5,8 – 6,0
Puerro	1,4 – 1,8	6,5 – 7,0
Repollo	2,5 – 3,0	6,5 – 7,0
Tomate	2,0 – 5,0	5,5 - 6,5

c- Oxígeno disuelto en la solución nutritiva: Las raíces necesitan oxígeno para su funcionamiento, pues la falta de este elemento, produce fermentación de la solución y, consecuentemente, pudrición de la raíz. Una raíz sana y bien oxigenada debe ser blanquecina; de lo contrario ésta se torna oscura debido a la muerte del tejido radical.

La concentración de oxígeno en la solución nutritiva varía según la temperatura ambiente, la presencia de microorganismos y la altitud sobre el nivel del mar. En zonas cálidas el factor limitante de la producción en agua es la alta

temperatura ambiental. Conforme ésta aumenta, se eleva también la temperatura del agua, disminuye el oxígeno disuelto y las raíces adquieren un color café hasta su descomposición total. Esto, a su vez, afecta otras características físicas de la solución nutritiva, como el olor, color y turbidez, disminuyendo su vida útil y la calidad del cultivo.

Por otro lado, la contaminación con materia orgánica, hongos y bacterias, ocasiona un descenso del oxígeno disuelto debido a que los microorganismos, lo utilizan en la degradación de la materia orgánica. A mayor temperatura mayor crecimiento de microorganismos que degradan las raíces y roban el oxígeno disuelto a las plantas.

8.2.3- Características microbiológicas.

Los análisis microbiológicos determinan la presencia de microorganismos, como bacterias y hongos. Con este estudio se puede decidir si es necesario desinfectarla o descartar su uso.

Las bacterias más frecuentes son: Salmonella, Shigella, Echerichia coli y Erwinia, entre otras. Algunos de los hongos más frecuentes que enferman los cultivos son, Phytium, Rhizoctonia, Fusarium y Phythoptora.

8.3 Sistema hidropónico NFT

En los sistemas hidropónicos NFT (por sus siglas en inglés Nutrient Film Technique) las raíces de las plantas están en contacto con una lámina de solución nutritiva que circula continuamente por canales delgados. El pionero de esta técnica fue Allen Cooper en el Reino Unido en 1965.

Las plantas se colocan en pequeñas canastas (net pot) a lo largo de tubos plásticos o canaletas previamente perforadas (por ejemplo PVC). Las raíces de las plantas son humedecidas por una delgada lámina de solución nutritiva que fluye por los canales. Es esencial que esta lámina sea delgada para permitir a las raíces tomar el oxígeno del aire que está sobre ellas. La parte superior de las raíces debe estar húmeda pero en el aire. El flujo continuo de líquido asegura un suministro permanente de agua y minerales.

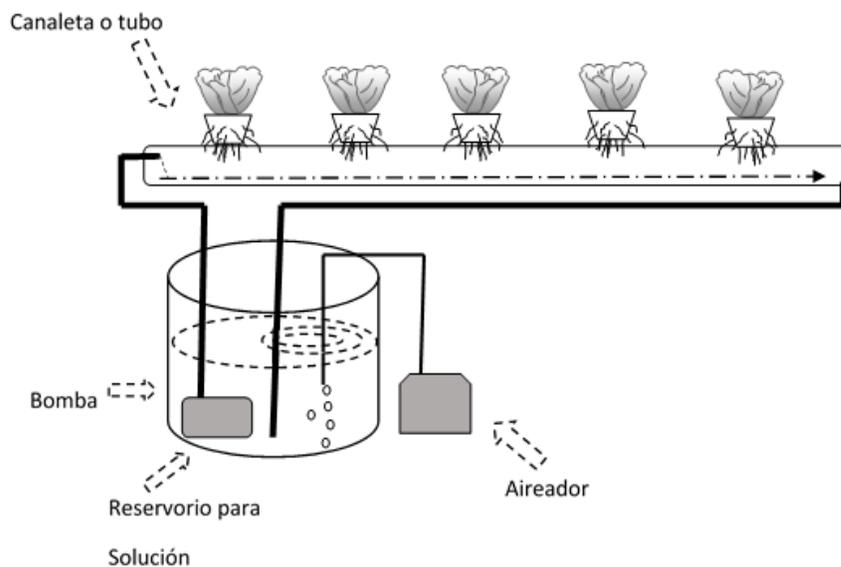


Figura 33: Modelo básico de un sistema NFT

Los tubos se colocan a 80 cm del suelo y con un ligero declive. La solución nutritiva se introduce en la parte más alta del tubo donde fluye por gravedad a la parte más baja donde es colectada y nuevamente recirculada.

Se han diseñado muchos sistemas NFT, en algunos se utilizan tubos y en otros canaletas. El más común es la canaleta rectangular de PVC de 15 x 10 cm. Los tubos y canaletas rígidos se utilizan principalmente en cultivos de ciclo corto tales como la lechuga con una longitud máxima de 18 metros. En cultivos de ciclo más largo y que desarrollan raíces más grandes como tomate y pepino se utilizan canaletas de 15 x 75 cm de PVC rígido o láminas plásticas desechables como la lámina "Panda" (hydroponic panda film) que es negra por dentro y blanca por fuera. En estos casos la canaleta se apoya en el piso.

La caída o inclinación de los tubos o canaletas es muy importante para evitar estancamiento, se recomienda una caída de 1 en 40 (2.5%). Si se utiliza el plástico "Panda" es muy importante la uniformidad del piso para evitar encharcamiento.

La principal ventaja del sistema NFT sistema es que requiere mucho menos volumen de solución nutritiva que otros sistemas hidropónicos. Sin embargo el sistema requiere mano de obra especializada y un alto nivel de inversión.

8.3.1 Componentes del sistema

El sistema NFT, es un sistema cerrado de recirculación intermitente de la solución nutritiva. Sus componentes principales son:

- Reservorio de la solución nutritiva
- Canales de cultivo
- Bomba hidráulica para inyectar la solución nutritiva al sistema
- Aireador (Blower) para inyectar oxígeno a la solución nutritiva
- Red de tuberías de conexión (figura 33).

CAPÍTULO 9 - Plagas en cultivos hidropónicos

9.1 Concepto de plaga

9.2 Enfermedades de los cultivos hidropónicos

9.3 Insectos plaga en cultivos hidropónicos

9.4 Otros tipos de plaga

Objetivo

Conocer de los organismos que causan daño a los cultivos y los métodos para combatirlos

Una planta sana realiza normalmente todas sus funciones vitales, tales como absorción de agua y nutrientes, fotosíntesis, transpiración, respiración, crecimiento y reproducción. Normalmente los sistemas de producción agrícola que se implementan en un espacio determinado, rompen el equilibrio natural de un ecosistema, esto provoca que ciertos organismos no deseables se presenten con mayor incidencia y causen alteraciones en el funcionamiento normal de las plantas. Así se reduce el rendimiento de la producción y por ende el ingreso económico.

Aunque los sistemas hidropónicos de producción agrícola son más precisos que otros sistemas, no están exentos de la presencia de organismos indeseables.

9.1 Concepto de plaga.

Un organismo se considera plaga cuando su población alcanza un número tan alto que causa daños al cultivo y afecta su producción final. Estos organismos pueden ser principalmente animales como los insectos, ácaros, nematodos y babosas así como los que producen enfermedades como los hongos, bacterias y virus. Y en menor grado en hidroponía los arvenses (malezas).

Es importante saber que un solo individuo por sí solo no es una plaga y que además hay organismos benéficos que sirven como controladores biológicos y que deben ser protegidos.

La persona agricultora puede implementar diferentes prácticas de prevención para evitar el ingreso de estos organismos plaga antes de recurrir a medidas más drásticas, como el control químico. Sin embargo, cuando aparecen los insectos y enfermedades, deben identificarse para aplicar las medidas de control más efectivas.

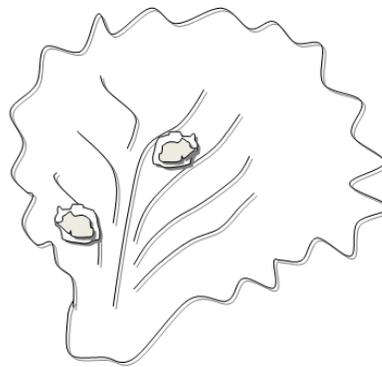
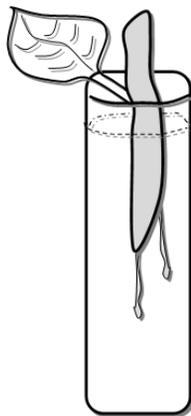
9.2 Enfermedades de los cultivos hidropónicos

Las enfermedades son causadas principalmente por hongos, bacterias y virus.

9.2.1 Síntomas generales de las enfermedades

Cuando una planta está enferma, presenta síntomas o manifestaciones externas que se pueden detectar mediante la observación diaria y cuidadosa de los cultivos. Dentro de los síntomas más comunes están:

- Pérdida de intensidad del color verde (clorosis)
- Amarillamiento de hojas (pequeñas manchas o en toda la hoja).
- Necrosis: el tejido verde se muere y se forman manchas oscuras, secas o húmedas, de forma redonda, angular u ovalada, en las hojas, tallos y frutos.
- Pudriciones acuosas o secas en frutos, tallos, hojas y raíces.
- Marchitez generalizada en toda la planta.



- Deformación y malformación de hojas, frutos y tallos nuevos.

- En algunos casos se presentan signos como crecimiento de moho blanco o de otros colores en las hojas, tallos y frutos.

Figura 34: Exudado bacteriano en tallo y manchas de hongo en hojas

9.2.2 Las enfermedades y el ambiente: La diseminación y el desarrollo de enfermedades se ve favorecido por las condiciones climáticas. Por ejemplo el exceso de humedad en el ambiente puede favorecer el desarrollo de hongos y bacterias. Estos organismos también se favorecen con los cambios bruscos de temperatura y los desbalances nutricionales o deficiencias que hacen a las

plantas más susceptibles. El salpique de la lluvia puede transportar hongos o bacterias de una planta a otra. De igual forma el viento puede acarrear polvo contaminado. Otros agentes de diseminación son el sustrato sin adecuado lavado y desinfección, las personas que han manipulado plantas enfermas, los animales, el agua de riego, los insectos (por ejemplo los que transmiten virus a las plantas), las semillas y las herramientas contaminadas.

9.2.3 Enfermedades más comunes: las enfermedades más comunes en cultivos sin suelo se presentan por contaminación del sustrato, debido al mal manejo y falta de prácticas de prevención. Hongos como *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Phytophthora* y *Fusarium* además de bacterias, como *Erwinia* y *Ralstonia* causan pudriciones en tallos y hojas de lechuga, remolacha, culantro y otros cultivos. En apio, remolacha y lechuga los hongos: *Septoria* y *Cercospora* causan manchas necróticas en todo el follaje. En cebolla afecta mucho la mancha púrpura causada por el hongo *Alternaria*. El chile y tomate en invernadero, se presenta en forma frecuente el ataque de mildiu en forma de un moho de aspecto polvoso por debajo de la hoja, causado por el hongo *Leveillula*. En cultivo de tomate sin suelo, una de las enfermedades más agresivas es el hongo *Fusarium*, que se manifiesta por un marchitamiento brusco de las plantas. En otros cultivos, como zapallo, se presentan el mildiu polvoso (*Oidium spp*) y el mildiu vellosa (*Peronospora*)

9.2.4 Prácticas culturales y control en la prevención de enfermedades. Son todas aquellas prácticas de manejo preventivas que se realizan con el objetivo de crear condiciones favorables a la planta y desfavorables para el desarrollo de la enfermedad. Dentro de estas prácticas podemos citar las siguientes:

- Asociación de cultivos
- Poda, deshoja y deshija.
- Fertilización correcta y balanceada

- Manejo de condiciones ambientales dentro del invernadero.
- Riego adecuado.
- Desechar cultivos viejos, residuos de cultivos y plantas enfermas.
- Desinfección de sustratos.
- Utilizar semilla y almácigos libres de enfermedades.
- Utilizar variedades resistentes o tolerantes a enfermedades.
- Implementar medidas higiénicas como desinfección de manos y herramientas.
- Restringir el ingreso a los invernaderos
- Instalar bandejas con desinfectante a la entrada de los invernaderos
- Desinfectar pasillos, recipientes y estructuras. (hipoclorito de sodio al 4-10%)
- Utilizar coberturas para el suelo (plástico blanco o negro, ground cover, grava o cualquier otro material aislante)
- Utilizar agua limpia
- Sanidad y desinfección del agua utilizada, ya sea por contaminación durante su conducción y almacenamiento o porque proceda de fuentes poco confiables, ésta puede convertirse en la principal vía de entrada de patógenos. La cloración a concentraciones entre 2.0 y 4.0 ppm (partes por millón) es efectiva contra algunos hongos y bacterias.

9.3 Insectos plaga en cultivos hidropónicos

Por el daño que causan los insectos se clasifican en:

- Insectos masticadores: su sistema bucal les permite hacer cortas en hojas y ápices (larvas, abejones, grillos, gusanos, etc.)

- Insectos minadores: elaboran galerías dentro de las hojas o tallos de las plantas. (algunos tipos de díptero)
- Insectos chupadores: succionan la savia de las plantas (áfidos, mosca blanca, escamas, etc)

9.3.1 Plagas de insectos más comunes. Los insectos más comunes en cultivos hidropónicos son:

a- Áfido o Pulgón: Insecto pequeño de color verde o negro. Generalmente se agrupan en las partes jóvenes de la planta. Son insectos chupadores. El síntoma más característico es la deformación de las hojas, además después de alimentarse el insecto excreta una sustancia azucarada y pegajosa sobre las hojas que atrae hormigas y favorece el desarrollo del hongo fumagina (*Capnodium sp*), que produce una costra negra sobre la superficie del follaje que evita la absorción de luz. Además los áfidos pueden ser vectores de virus e infectar las plantas.

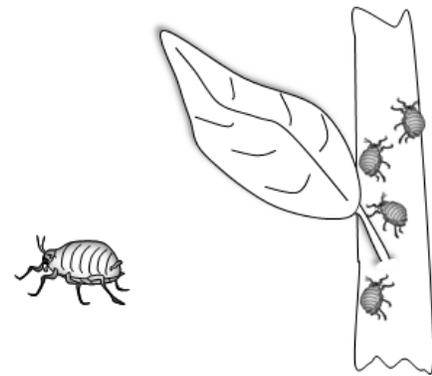
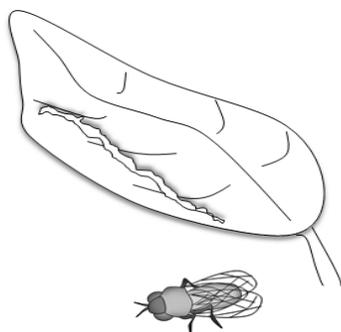


Figura 35: Colonia de áfidos

b- Mosca minadora de la hoja (*Liriomyza*): Esta pequeña mosca se caracteriza por una mancha amarilla en el tórax. La hembra deja los huevos



entre las dos caras de la hoja y la larva que emerge se alimenta del tejido interno formando galerías o “caminitos” en diversas direcciones, de color claro. Este daño reduce el área de fotosíntesis de la planta y afecta la estética del producto, además es una puerta de entrada para las bacterias y hongos patógenos.

Figura 36: Adulto de *Liriomyza* y galería causada por larva en hoja.

c- Mosca Blanca: Pertenece a la familia Aleyrodidae (no a la familia de las moscas). Dos especies afectan un gran número de cultivos *Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum*. Son insectos chupadores pequeños de color blanco que por lo general se encuentran debajo de las hojas.

Causan amarillamiento en las hojas y son vectores de virus, tales como el virus del mosaico del tomate.



Figura 37: Adulto de mosca blanca

d- Trips: pertenecen a la familia de los tisanópteros; son insectos chupadores muy pequeños, de forma alargada y coloración dorada u oscura, que atacan brotes, flores y frutos. Provocan raspaduras a manera de puntuaciones blancuzcas que reducen el área fotosintética y afectan la estética final de los productos. Son muy comunes en cebolla, lechuga, chile dulce y tomate, entre otros cultivos.

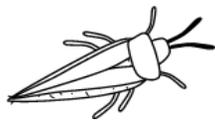
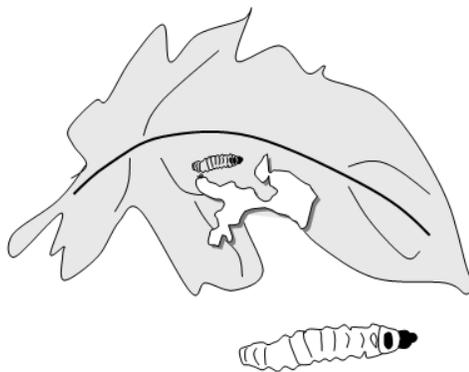


Figura 38: Adulto de trip

e- Gusanos Los gusanos del género *Spodoptera* se esconden en el sustrato y normalmente salen a alimentarse al anochecer. En estados iniciales causan



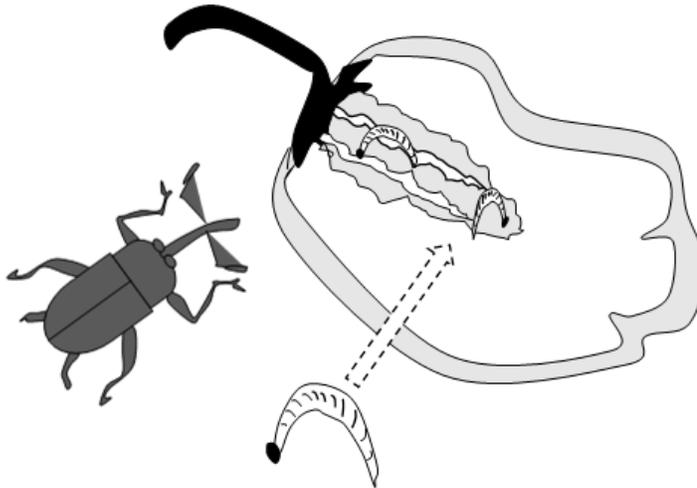
daño superficial en el follaje pero conforme se desarrollan hacen orificios de mayor tamaño. Otra larva que causa daños importantes es *Tuta absoluta*, principalmente en tomate.

Figura 39: Larva de Tuta absoluta y daño en hoja

f. Pulga saltona (*Halticus bractatus*): es un chinche pequeño (familia Miridae). Que succiona la savia de las plantas. Las plantas muestran puntos blancos en el área foliar que reducen la capacidad fotosintética y la calidad de los cultivos.

Afecta cultivos como culantro de castilla, culantro de coyote y vainica. En altas poblaciones las hojas se pueden ver casi totalmente blancas.

g. **Picudo del chile** (*Anthonomus eugenii*) Es un escarabajo que afecta frutos de chile desde el momento en que empiezan a formarse. La hembra pone los



huevos en las yemas florales o frutos pequeños. La larva penetra los frutos y se alimenta de las semillas. Posteriormente los frutos caen.

Figura 40: Adulto y larva de picudo del chile

9.3.2 Métodos de control de insectos. Es importante la revisión periódica de toda la planta, durante las primeras horas de la mañana o al final de la tarde, ya que muchos insectos se protegen de las altas temperaturas durante el día. En este sentido, es muy importante la observación y revisión diaria de los cultivos para detectar y controlar a tiempo posibles plagas. Al integrar métodos de prevención se intenta disminuir en todo lo posible la aplicación de insecticidas. Algunos métodos sencillos y económicos, que no contaminan el ambiente ni los productos de cosecha, son los siguientes:

- Asociar cultivos.
- Usar extractos repelentes por ejemplo madero negro (*Gliricidia sepium*), Higuera (*Ricinus comunis*)
- Sembrar plantas aromáticas amigas, que sirvan como barreras vivas repelentes (ajo, eucalipto, orégano, apazote, ruda, etc.)
- Aplicar insecticidas de origen biológico como el *Bacillus turigiensis* (Dipel), o botánicos como el Neem (Azatina o Neem-x).

- Trampas con feromonas
- Trampas de luz sobre un recipiente con agua de jabón.
- Ubicar objetos plásticos de color amarillo con algún adherente. Este atrae insectos que quedan pegados. El color azul sirve para trampas de trips.
- Proteger y cuidar los insectos y animales benéficos: mariquitas, avispas, lagartijas, sapos, etc.
- Liberar agentes parásitos o depredadores.

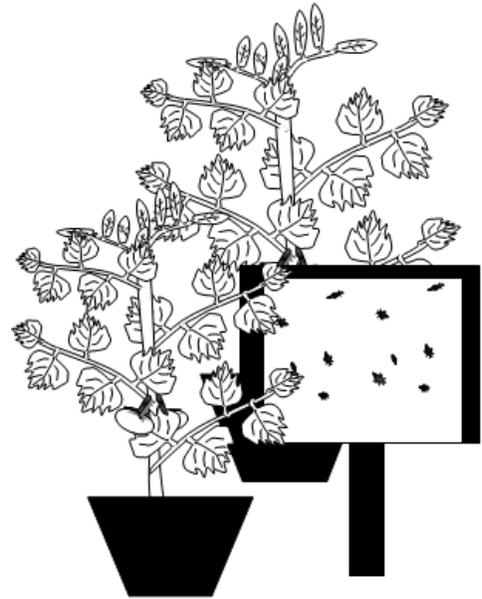


Figura 41: Trampa adherente de insectos

9. 4 Otros tipos de plaga

9.4.1 Ácaros plaga

Los ácaros comparten algunas características con los insectos, tales como patas articuladas y esqueleto quitinoso. Por su condición de arácnidos, presentan mandíbulas fuertes (quelíceros), ojos simples, carecen de alas y antenas y, en la mayoría de los casos, tres pares de patas en estado de larva y cuatro pares de patas en estado joven y adulto (Ochoa, y otros, 1991) Es una clase diferente de los insectos,

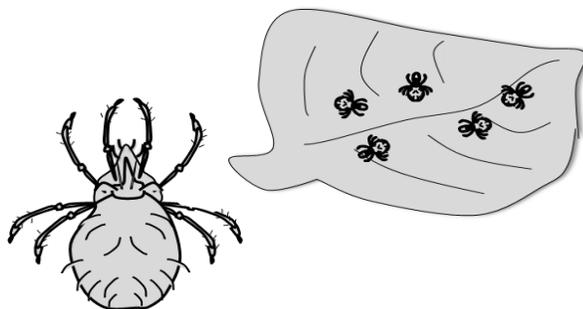


Figura 42: Ácaro plaga

de tamaño muy pequeño y alta capacidad de reproducción, lo cual hace que su presencia

pase desapercibida y, cuando se detecta, los daños son cuantiosos (CATIE-MIP, 1990). Atacan el haz y el envés de hojas, brotes nuevos, flores y frutos, succionando la savia de las hojas e inyectándoles sustancias tóxicas que se manifiesta en clorosis (amarillamiento), caída de hojas y frutos, crecimiento anormal, enanismo y hasta la muerte de la planta. Las condiciones secas y altas temperaturas, como es el caso de invernaderos, favorecen su reproducción. Es necesario revisar periódicamente las hojas jóvenes usando una lupa para identificarlos a tiempo.

a- Arañita roja (*Tetranychus urticae*): Es un ácaro que chupa la savia de las plantas, y que tiene el aspecto de una pequeña arañita de color rojo, viven en colonias debajo de las hojas y pueden ser observados a simple vista.

B- Ácaro blanco o ácaro del chile (*Polyphagotarsonemus latus*) es de tamaño muy pequeño y color blanco translucido. Atacan las hojas jóvenes, botones florales y frutos, y causan deformaciones y enanismo en la planta. En ataques avanzados, las hojas no llegan a desarrollarse, adquieren una coloración café bronceado y el crecimiento se detiene totalmente.

9.4.2 Moluscos o babosas

Se alimentan del follaje cuando la humedad del ambiente es alta. Se encuentran en lugares húmedos y oscuros. Tienen hábitos nocturnos. Representan un gran problema de salud pública, ya que, por medio de la baba, transmiten un parásito que se aloja en las paredes intestinales del ser humano, que causan graves padecimientos y, en muchos casos, la muerte. Se

recomienda usar cebos atrayentes, como melazas, cerveza o levaduras colocados debajo de sacos húmedos u hojas frescas.

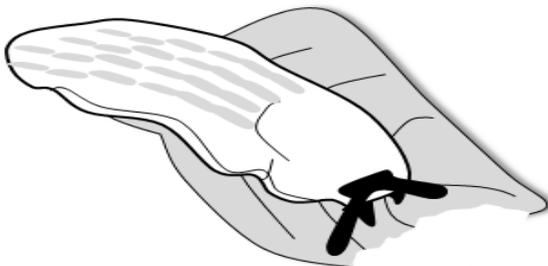


Figura 43: Molusco plaga

CAPÍTULO 10 - La cosecha de los cultivos hidropónicos

10.1 Momento de la cosecha

10.2 Manejo poscosecha

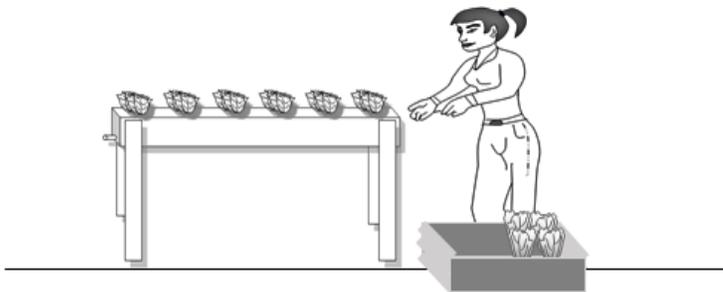
10.3 Comercialización

Objetivo

Conocer aspectos sobre la cosecha y el manejo poscosecha de los cultivos hidropónicos

10.1 Momento de la cosecha.

Esta se realiza cuando el producto ha alcanzado su madurez fisiológica. El momento de la cosecha depende del ciclo de vida del cultivo, de la disponibilidad de mano de obra, de las condiciones climáticas, de la variedad, de la oferta y demanda del producto, precios y exigencias del mercado. La mayoría de las hortalizas son cosechadas una vez, otras pueden ser cosechadas durante varios días, semanas y hasta meses, como el chile dulce.



Los rendimientos obtenidos de los diferentes cultivos hidropónicos se describen en el cuadro 2.

Figura 44: Cosecha de hortalizas

10.2 Manejo poscosecha

10.2.1- Acopio y recolección: Es preferible cosechar durante las primeras horas del día, para evitar el calor de campo (calentamiento por sol), que disminuye la duración de los productos cosechados. El lugar donde se trabaja con las cosechas debe estar limpio y desinfectado al igual que las personas que trabajan o manipulan los productos, para evitar la contaminación. Para estas labores se puede usar agua caliente, cloro y otros productos desinfectantes.

10.2.2- Limpieza, lavado y desinfección: La limpieza de los productos consiste en eliminar todos los residuos de sustratos, las hojas viejas, quebradas o dañadas por insectos, el viento u otros agentes, así como revisar que no lleve insectos o larvas. Asumiendo que los cultivos hidropónicos están sembrados en un sustrato previamente desinfectado y que se riegan con agua potable, estos son muy limpios y no necesitan una limpieza rigurosa.

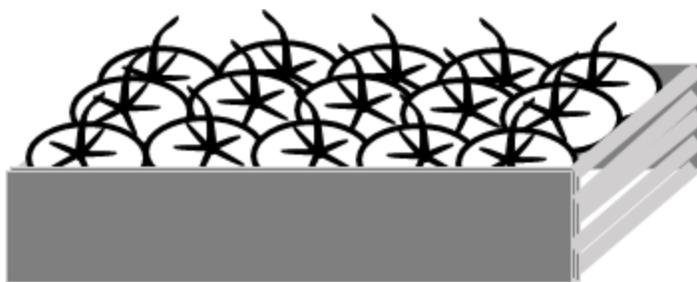
Si se desea asegurar su inocuidad microbiológica, se pueden lavar en soluciones desinfectantes como hipoclorito de sodio a 50 ppm (partes por millón) o extracto de semilla de cítricos a 0.25 mililitros por litro de agua. Se recomienda eliminar el exceso de agua para evitar pudriciones, para lo cual se utiliza una centrifuga como las que tiene el secador de las lavadoras.

10.2.3- Empaque de los productos.

El empaque, es un aspecto muy importante en la comercialización e introducción al mercado. Constituye un valor agregado que mejora la apariencia y presentación del producto.

Se debe analizar cuál es más conveniente de acuerdo con la rentabilidad del producto, las exigencias del mercado y la competencia.

Hay presentaciones muy sencillas y baratas que dan una apariencia de mejor calidad y de frescura, como las bolsas transparentes perforadas o las mallas de colores, que protegen el producto del contacto manual y mejoran su apariencia física. También existen empaques más costosos, como las canastas plásticas,



bandejas de estereofón y cajas plásticas usadas en repostería.

Figura 45: Caja de empaque

10.3 Comercialización

La estrategia de la comercialización es la base del éxito del productor. Mediante un estudio de mercado, se trata de captar la demanda, el interés, la atención, el gusto y la curiosidad de los clientes. La base está en mantener los clientes y conseguir nuevos. Para esto se debe conocer sus necesidades ¿Quiénes son los clientes y preferencias en cuanto a presentación y precio?

¿Cómo se va a vender el producto? (Centro de investigación en hidroponía y nutrición mineral, Universidad Agraria la Molina, 1997).

Por ejemplo, si la mayoría de clientes son familias, éstas necesitan lo básico de una ensalada, por lo menos entre 4 y 6 hortalizas diferentes por semana. En este sentido, ofrecer un solo producto restringe a los clientes que deben ir a comprar a otro sitio, lo cual desmotiva y se arriesga a perder el cliente. En caso contrario si en el mercado necesitan solo lechugas, por ejemplo, restaurantes, entonces se especializa en producción de lechugas. La persona productora en sistemas hidropónicos puede ofrecer un producto fresco, limpio, libre de plaguicidas y microorganismos nocivos para el consumidor (inocuidad) y de excelente sabor, que permite captar nichos de mercados potenciales más selectos.

CAPÍTULO 11 - Registros agrícolas en la producción hidropónica

Objetivo

Registrar algunas de las actividades que se realizan en la producción hidropónica

Un registro es una fuente de información de cada una de las actividades agrícolas desarrolladas diariamente. En una hoja se anotan datos de las actividades de la unidad hidropónica, tales como fechas, cantidades y observaciones, entre otras. Un registro debe ser sencillo y útil, que aporte la información necesaria cuando se requiera.

Para la persona productora es imposible retener en su memoria todo lo que se lleva a cabo en su explotación, por más simple que sea. Los registros nos proveen toda la información necesaria para tomar decisiones técnicas y económicas que, nos permiten diagnosticar, controlar, evaluar y planear. Algunos ejemplos de registro son:

Registro de pruebas de germinación.

Fecha	Cultivo y variedad	Cantidad semillas	Resultados de germinación			Observaciones
			Duración	%	Categoría	

Registro de siembra de almácigos.

Cultivo y variedad	Fecha de siembra	Cantidad de plantas	Sustrato usado	Fecha germinación	Fecha de trasplante

Producción por cultivo.

Fecha cosecha	Cultivo	Cantidad cosechada	Destino	Observaciones

Registro de aplicación de insecticidas.

Fecha de aplicación	Aparición		Producto usado	Objetivo de aplicación	Dosis	Observación
	Edad	Etapa				

Registro de aplicación de fungicidas.

Fecha de aplicación	Aparición		Producto usado	Objetivo de aplicación	Dosis	Observación
	Edad	Etapa				

Registro de aplicación de abonos foliares.

Fecha de aplicación	Aparición		Producto usado	Objetivo de aplicación	Dosis	Observación
	Edad	Etapa				

Costos en insumos de producción por ciclo.

Insumo	Unidad de medida	Cantidad	Costo	Costo total

Costos de mano de obra por ciclo.

Descripción	# horas	Costo unitario	Costo total
Trasplante	Hora		
Preparar solución	Hora		
Amarre	Hora		
Cosecha	Hora		

BIBLIOGRAFÍA

- Abad, B., & Noguera, M. (1998). Sustratos para cultivo sin Suelo y Fertirrigación. Fertirrigación cultivos hortícola y ornamentales. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Ansorena, M. (1994) *Sustratos, Propiedades y caracterización*. Madrid: Ediciones Mundi Prensa.
- Asociación Hidropónica Mexicana (2016). Historia de la hidroponía. Extraído el día 2 de febrero de 2016 desde <http://hidroponia.org.mx/en/hydroponics/history/>
- Bertsch, F. 1998. *La fertilidad de los suelos y su manejo*. San José: Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo.
- Bolaños, A (2001). *Introducción a la Olericultura*. San José: Editorial UNED.
- Bruce, A. (2016). Sprouts every day. *British Baker*, 13-17. Extraído el día 9 de marzo de 2016 de la base de datos EBSCOHost.
- Carlos de J. (1997). *Cultivos hidropónicos* (4a ed.). Madrid: Editorial Mundi-Prensa.
- Carrasco, G. & Isquierdo, J. (1996). *La empresa hidroponía de mediana escala: la técnicas NFT*. Talca: Editorial Universidad de Talca.
- CATIE, (1990). *Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de tomate*. Proyecto Manejo Integrado De Plagas .Turrialba: CATIE/MIP.
- Centro De Investigacion De Hidroponia Y Nutrición Mineral, Universidad Agraria La Molina (1997). *Hidroponía comercial, una buena opción en agronegocios*, en: Conferencia internacional de Hidroponía comercial. Lima, Perú.

- Centro De Investigacion De Hidroponia Y Nutricion Mineral, Universidad Agraria La Molina (1999). *Curso práctico internacional de Hidroponía*. Lima, Perú.
- Coljap, S.A. *Aprende fácil, cultivos hidropónicos*. S.F. Quito, Ecuador. Ediciones Culturales VER LTDA.
- Cruz, J. (2012). *Producción Hortícola bajo Ambiente Protegido*. Núcleo de Formación y Servicios Tecnológicos Agropecuario. INA. San José.
- De Villaroel G. & Alfaro, E. (1997). *Los invernaderos. Manual Internacional de Fertilidad de Suelos*. Bogotá. Instituto de la Potasa y el Fósforo.
- Duran, A., Mora, D. & Ramírez, L. (1988) *Enfermedades y otros problemas de las plantas: reconocimiento de campo*. San José: Editorial Universidad de Costa Rica.
- FAO. (2014) La situación demográfica en el mundo: Informe conciso, Naciones Unidas, New York. Obtenido el día 10 de febrero de 2016 desde <https://www.google.com/?gwsrd=ssl#g=La+situaci%C3%B3n+demogr+C3>
- FAO, (2015). *Horticultura urbana y periurbana. Seguridad alimentaria y nutricional*. Obtenido el día 10 de febrero de 2016 desde <http://www.fao.org/ag/agp/greenercities/es/hup/alimentos.html>
- Fossati, C. (1986). *Cómo practicar el hidrocultivo*. Madrid: Editorial EDAF
- González-Fontes, A., Garate, A., & Bonilla, I. (2010). *Agricultural sciences: topics in modern agriculture*. TX. USA: Studium Press LLC.
- Huterwal, O. (1997). *Hidroponía, cultivo de plantas sin tierra*. Buenos Aires. Editorial Albatros.

Instituto Nacional de Estadística, 2016. España. Obtenido el día 11 de febrero de 2016 desde <http://www.ine.es/infoine/>

Izquierdo, J. (1999). Apuntes de charla “Agricultura Urbana, Conceptos y Sostenibilidad. En Taller “sistemas Intensivos de Producción de Hortalizas: una Alternativa para la Nutrición en Zonas Urbanas”
Zamorano, Honduras: REDCAHOR, IICA.

Jensen, M. H. (2002). Deep flow hydroponics—Past, present and future. In *Proc. Nat. Agr. Plastics Congress*. 30:40-46.

Kass, D. L., & Nuñez, J. (1998). Fertilidad de suelos., San José: Editorial UNED

Manohar, K. R., & Igathinathane, C. (2007). *Greenhouse technology and management*. BS publications. Extraído el 17 de febrero de 2016 de la base de datos ProQuest.

Morgan, L. (1999). Hydroponic lettuce production: a comprehensive, practical and scientific guide to commercial hydroponic lettuce production.
Casper Publications

Núñez S. *Fundamentos de Edafología*. 2000. 2º edición. San José: Editorial UNED

Núñez S. *Fertilidad de Suelos, Ciclo de Macronutrientes*. Escuela de Ingeniería Agrícola, Cartago, Costa Rica: I. T. C. R.

Oasis, S. L. (1991). *Evite los Nitratos*. Barcelona: Talleres Gráficos Duplex.

- Ochoa, R., AGUILAR, H. & VARGAS, C. (1991). *Ácaros fitófagos de América Central: Guía ilustrada*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Pivoto, L & Pivoto, L. (1997). *Costos de producción en cultivos hidropónicos. En Hidroponía Comercial: una Buena Opción en Agronegocios*. Conferencia Internacional. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Ramos, M. C. *La Agricultura y la contaminación de aguas por nitratos*. [s.f.]. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación
- Raviv, M. (2007). *Soilless Culture: Theory and Practice*. Amsterdam, NL: Elsevier Science. Obtenido el día 11 de febrero de 2016
<http://www.ebrary.com>
- Resh, H. M. *Hidroponic, home food Garden*. (1990). Santa Bárbara. Woodbridge Press.
- Resh, H. (2002). *Cultivos hidropónicos. Nuevas técnicas de producción*. (5ª ed.) Santa Barbara: Woodbridge Press Publishing Company.
- Richmond, F. (2012). *Plagas comunes en cultivos hidropónicos*. Boletín del Programa Nacional Sectorial de Producción Agrícola bajo Ambientes Protegidos. 6(35):4-9.
- Shaljo, J. E. *Manual sobre cultivos protegidos*. 1992. Asociación cooperadora Agencia de extensión Rural Zapala.
- Sociedad Colombiana De La Ciencia Del Suelo. *Fertirrigación*. 1997. Editores LTDA Bogota, Colombia.
- Ureña, J. (2016). *Proyecto Hidroponía. Granja Modela*. INA. Comunicación personal.
- Valverde J. (2000). *Riego y drenaje*. San José: Editorial UNED.

Vegetable Requirements (2016). Home Hydro Systems. Obtenido el día 03 de marzo de http://www.homehydrosystems.com/ph_tds_ppm/ph_vegetables

Villalobos, A. *Fertirriego*. 2000. Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Zoilo, S. (1994). *Construcción de invernaderos*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

Zúñiga, M (2010). *Construcción de Infraestructura para la Producción en Ambientes Protegidos. Manual de Curso*. Instituto Tecnológico de Costa Rica

ANEXOS

Cuadro 9: SOLUCIÓN NUTRITIVA PARA TOMATE EN PRODUCCIÓN.

Cantidad de sales fertilizantes (gramos) por litro de agua, para preparar las soluciones madre A, B y C (Núcleo Agropecuario. INA)

SOLUCIÓN A	1 litro	2 litros	3 litros	4 litros
Fosfato monopotásico	44	88	132	176
Nitrato de potasio	78	156	234	312
Sulfato de magnesio	100	200	300	400
Sulfato de potasio	48	96	144	192
SOLUCIÓN B				
Fetrilón combi 1	5	10	15	20
Ácido bórico	1	2	3	4
Quelato de hierro	8	16	24	32
SOLUCIÓN C				
Nitrato de calcio	150	300	450	600

Fuente: Proyecto de Hidroponía. Núcleo Formación y Servicios Tecnológicos Agropecuarios. Centro Nacional Especializado Granja Modelo. INA. 2016

Cuadro 10: SOLUCIÓN NUTRITIVA PARA CHILE EN PRODUCCIÓN.

Cantidad de sales fertilizantes (gramos) por litro de agua, para preparar las soluciones madre A, B y C (Núcleo Agropecuario. INA)

SOLUCIÓN A	1 litro	2 litros	3 litros	4 litros
Fosfato monopotásico	40	80	120	160
Nitrato de potasio	76	152	228	304
Sulfato de magnesio	100	200	300	400
Sulfato de potasio	56	112	168	224
SOLUCIÓN B				
Fetrilón combi 1	5	10	15	20
Ácido bórico	1	2	3	4
Quelato de hierro	8	16	24	32
SOLUCIÓN C				
Nitrato de calcio	200	400	600	800

Fuente: Proyecto de Hidroponía. Núcleo Formación y Servicios Tecnológicos Agropecuarios. Centro Nacional Especializado Granja Modelo. INA. 2016

Cuadro 11: SOLUCIÓN NUTRITIVA PARA PEPINO EN PRODUCCIÓN.

Cantidad de sales fertilizantes (gramos) por litro de agua, para preparar las soluciones madre A, B y C (Núcleo Agropecuario. INA)

SOLUCIÓN A	1 litro	2 litros	3 litros	4 litros
Fosfato monopotásico	30	60	90	120
Nitrato de potasio	55	110	165	220
Sulfato de magnesio	75	150	225	300
Sulfato de potasio	42	82	126	168
SOLUCIÓN B				
Fertilón combi 1	5	10	15	20
Ácido bórico	1	2	3	4
Quelato de hierro	8	16	24	32
SOLUCIÓN C				
Nitrato de calcio	150	300	450	600

Fuente: Proyecto de Hidroponía. Núcleo Formación y Servicios Tecnológicos Agropecuarios. Centro Nacional Especializado Granja Modelo. INA. 2016

Cuadro 12: Factores de conversión de las unidades de medición de conductividad eléctrica

Unidad	Multiplicar x	Factor	Igual
ppm	X	1,0	mg/l
ppm	X	0,00156	Mmhos
ppm	X	0,00156	ds/m
ppm	X	1,56	μ mhos/cm