



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SEPERIORES  
CUAUTITLAN

METODO HIDROPONICO PARA PRODUCIR ACELGA (*Beta vulgaris* var. *Cicla* L.); BERRO (*Nasturtium officinale* R. Br.); CILANTRO (*Coriandrum sativum* L.) CHICHARO (*Pisum sativum* L.) JITOMATE (*Lycopersicum esculentum* Mill.) LECHUGA (*Lactuca sativa* L.); TOMATE VERDE (*Physalis oequata* Jacq.); EN LA ZONA METROPOLITANA

## T E S I S

QUÉ PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRICOLA

P R E S E N T A:

LIBRADA JULIETA REYES MACHARGO

ASESOR: ING, VICENTE SILVA CARRILLO

CUAUTITLAN, IZCALLI EDO. DE MÉX.

2004



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



ESTADOS UNIDOS MEXICANOS  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

ESTADOS UNIDOS MEXICANOS  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS: METODO HIDROPONICO PARA PRODUCIR ACELGA (Beta vulgaris var. Cicla L.); BERRO (Nasturtium officinale R. Br.); CILANTRO (Coriandrum sativum L.); CHICHARO (Pisum sativum L.); JITOMATE (Lycopersicum esculentum Mill.); LECHUGA (Lactuca sativa L.); TOMATE VERDE (Physalis aecuata Jacq.); EN LA ZONA METROPOLITANA, que presenta la pasante: Librada Julieta Reyes Machargo con número de cuenta: 7729124-2 para obtener el título de: Ingeniero Agrícola.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 23 de Octubre de 2003.

PRESIDENTE	<u>Ing. Miguel Bayardo Parra</u>	
VOCAL	<u>Ing. Vicente Silva Carrillo</u>	
SECRETARIO	<u>Ing. Guillermo Basante Butron</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Francisco J. Vega Martínez</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>M.C. Juan Roberto Guerrero Agama</u>	

Dedico este trabajo:

A mi madre Julia Machargo.  
A mis hermanas Elvia, Guadalupe y Enriqueta.  
Con gran aprecio por su ayuda invaluable a mi  
hermana Ma. Elena, sin la cual no hubiera sido  
posible la elaboración del mismo.

Agradezco sinceramente su ayuda y  
dirección para la elaboración de este  
trabajo al Ing. Vicente Silva Carrillo

A los señores:

Ing. Miguel Bayardo Parra  
Ing. Guillermo Basante Butron  
Ing. Francisco J. Vega Martínez  
M.C. Juan Roberto Guerrero

Agama

mi reconocimiento a ellos y a toda  
la comunidad universitaria por  
otorgar generosamente sus  
conocimientos.

## I N D I C E

	PAGINA
INDICE DE CUADROS	I
INDICE DE FIGURAS	II
RESUMEN	III
I. INTRODUCCION	1
1.1. Objetivos.	3
II. REVISION BIBLIOGRAFIA DE LA HIDROPONIA	4
2.1. Antecedentes.	4
2.2. Concepto.	4
2.3. Factores ambientales.	6
2.3.1. Agua.	7
2.3.2. Luz.	10
2.3.3. Aire.	12
2.3.4. Temperatura.	13
2.3.5. Sales minerales.	14
2.3.6. Sustentación para las raíces.	16
2.4. Descripción técnica.	16
2.4.1. Sustratos.	16
2.4.2. Recipientes.	19
2.4.3. Solución nutritiva.	20
2.4.4. Riego.	23
2.4.5. Métodos de cultivo en hidroponía.	24
2.4.5.1. Dependiendo del manejo de la solución nutritiva.	24
2.4.5.2. Dependiendo del medio de cultivo.	25
2.4.6. Perspectivas y futuro de la hidroponía.	26
III. MATERIALES Y METODOS.	29
3.1. Materiales.	29
3.1.1. Material biológico.	29
3.1.2. Material estructural.	30
3.1.3. Material químico.	30
3.2. Costos	30
3.3. Métodos.	32
IV. MANUAL DE UN HUERTO HIDROPONICO	36
4.1. Clasificación de las hortalizas.	36
4.2. Clima.	38
4.3. Planificación del huerto.	39
4.4. Preparación del material.	40
4.4.1. Sustrato.	40
4.4.2. Recipientes.	41
4.5. Preparación del almácigo.	43
4.5.1. Semilla.	44
4.5.2. Condiciones medio ambientales.	44
4.5.3. Siembra.	45

4.6. Implantación del cultivo.	47
4.6.1. Trasplante.	47
4.6.2. Riego.	48
4.6.3. Solución nutritiva.	50
4.7. Manejo del cultivo.	54
4.7.1. Tutores.	54
4.7.2. Podas.	56
4.7.3. Plagas y enfermedades.	59
4.7.4. Cosecha.	63
4.7.5. Cambio de cultivo.	63
V. DISCUSIÓN.	65
VI. CONCLUSIONES.	67
BIBLIOGRAFIA.	69

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Siembra de hortalizas.

47

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución del huerto hidropónico proyectado.	34
Figura 2. Disposición de las hortalizas en cada una de sus cajas.	35
Figura 3. Modelo de contenedor en caja de madera forrada de plástico negro	42
Figura 4. Grava en bolsas de plástico negro como recipiente primario y caja de plástico como contenedor secundario.	42
Figura 5. Contenedor en caja de embalaje de frutas con plástico negro y sustrato de grava.	43
Figura 6. Charola de plástico para remojar semillas.	45
Figura 7. Modelo de contenedor mostrando como se recupera la solución nutritiva después de un riego.	49
Figura 8. Huerto hidropónico familiar en cajas de madera con plantas de jitomate sostenidas con tutores de rafia.	55
Figura 9. Corte de brotes en plantas de jitomate.	58
Figura 10. Poda de jitomate a un tallo.	58
Figura 11. Poda de jitomate a dos tallos.	58
Figura 12. Poda Hardy en jitomate.	59
Figura 13. Despunte del jitomate.	59



## RESUMEN

El presente trabajo tiene como fin elaborar un manual sencillo, donde se plantea la elaboración de un huerto familiar en la zona urbana, bajo un sistema hidropónico como una alternativa productiva para abastecer a la familia de hortalizas de buena calidad.

Debido a que un huerto hidropónico no requiere de mucho espacio y su manejo es relativamente sencillo, se puede colocar desde un balcón, hasta lugares donde se tienen macetas con plantas ornamentales, que dan belleza, pero no son comestibles.

Para crear interés en la producción de vegetales frescos el manual pretende dar una visión general de lo que es la hidroponía, así como la información para crear un pequeño huerto, que al mismo tiempo que se obtengan algunas hortalizas, sirva para practicar dicha técnica.

Se propone trabajar con siete hortalizas que son: acelga, berro, cilantro, chícharo, jitomate, lechuga y tomate verde, debido principalmente a que éstas son muy usadas en la dieta de la población metropolitana. Sin embargo, en algunas ocasiones se restringe su consumo, debido a su deficiente higiene, ya que en su manejo son regadas con aguas contaminadas como es el caso de hortalizas de hoja que se consumen en fresco y no hay la posibilidad de desinfectarlas bien.

En los sistemas hidropónicos, como se usa un sustrato limpio y desinfectado, diferente a la tierra, y se riega con agua potable, los productos obtenidos son de mejor calidad. Así a la vez que se puede producir verduras nutritivas para autoconsumo, también se aprenderá una actividad que puede llegar ha ser redituable.

## I. INTRODUCCIÓN.

El hombre a través de su evolución fue desarrollando habilidades que le permitieron conseguir sus alimentos de una manera más fácil y de mejor calidad, hasta que descubrió la agricultura y con ella la posibilidad de asentarse en lugares definitivos, y progresar paulatinamente en ella así como en otras actividades.

La producción agrícola no sólo es generadora de alimentos, provee muchas materias primas para otras industrias y es un renglón básico para el progreso de las naciones.

Muchos pueblos del mundo padecen hambre debido a que no son autosuficientes en la producción de sus alimentos, aunado a esto tienen otros muchos problemas económicos que los hacen estar sujetos a tratados que les imponen naciones más desarrolladas.

En nuestro país la agricultura también enfrenta diversos problemas, cuyo impacto influye en el desarrollo sobre todo de las clases sociales más pobres. Es por lo tanto necesario encontrar alternativas que ayuden a solucionar la crisis.

Una alternativa viable sería el empleo de una técnica de producción novedosa como es la hidroponía.

La hidroponía es un sistema de producción agrícola que durante mucho tiempo fue empleada solo en la investigación científica, pero que en los últimos años ha tenido un gran avance conjuntamente con la tecnología de invernaderos.

La hidroponía es una técnica sofisticada con todos los avances de la ciencia y altos costos, que obtiene mayores rendimientos, productos de mejor calidad y permite un importante ahorro de agua. Desde luego esta técnica ha tenido mucho auge en países desarrollados con alto nivel de infraestructura.

Sin embargo, la hidroponía también puede ser empleada en países de escasos recursos, adaptándola a las circunstancias de cada lugar, como lo ha venido desarrollando la

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1998) a través de diversos programas en distintos países de América Latina, para la creación y desarrollo de empresas que generen ingresos, asimismo se ha integrado en sus versiones de menor sofisticación a programas sociales y económicos de superación de la pobreza.

En México existen ya un buen número de empresas dedicadas a la explotación comercial de la hidroponía con muy buenos resultados, los productos así obtenidos son exportados o consumidos por las clases sociales acomodadas, debido a sus altos precios.

Por lo tanto es factible que la hidroponía se adapte con implementos sencillos a las necesidades de las zonas urbanas del país, donde las familias produzcan en un huerto hidropónico, verduras, empleando para ello materiales reciclados y se instale en los pequeños espacios con los que se cuenta en las casas como son patios, azoteas, balcones, etc.

Para que lo anterior se realice, es necesario empezar por divulgar el sistema de huertos hidropónicos a sectores más amplios de la población, a través de información accesible, como es la elaboración de un manual sencillo, que contenga los fundamentos básicos de esta técnica, cuya finalidad sea la de crear interés por producir alimentos frescos en casa.

## 1.1. Objetivos.

- 1) Elaborar un manual para el manejo de un sistema hidropónico de 7 hortalizas a nivel familiar en áreas urbanas.
- 2) Fomentar la producción y el autoconsumo de alimentos hidropónicos de alta calidad nutritiva.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LA HIDROPONÍA.

### 2.1. Antecedentes.

El desarrollo de la hidroponía o cultivo sin suelo se ha venido realizando desde el siglo XVII, cuando el científico Woodwar consiguió cultivar una planta en agua. Transcurrió mucho tiempo en que solo se usó en forma experimental y fue hasta los años treinta, que se desarrolló un sistema hidropónico ideado para uso comercial. Este fue el método de cultivo en agua de W.F. Gericke de la Universidad de California patentado en 1933 (Donnan, 1999).

Durante años la hidroponía ha sido muy usada para la investigación científica. La primera producción efectiva a gran escala ocurrió durante la segunda guerra mundial, cuando la marina de guerra de los Estados Unidos de Norteamérica, estableció unidades hidropónicas con sistema de subirrigación en varias islas de los océanos Pacífico y Atlántico. En los años 70, el cultivo en arena y otros sistemas florecieron y luego desaparecieron en los Estados Unidos de Norteamérica. En esta misma década se desarrolló el sistema NFT (Nutrient Film Technique) en Inglaterra y, en Dinamarca, el medio de crecimiento conocido como lana de roca (Rodríguez, 2001)

La hidroponía es una ciencia joven, habiendo sido usada bajo una base comercial desde solo hace 40 años, su desarrollo ha estado ligado fundamentalmente al de los plásticos en la agricultura. No obstante ha podido adaptarse a diversas situaciones, desde los cultivos al aire y en invernadero a los altamente especializados en submarinos atómicos para obtener verduras frescas para la tripulación, esto es una ciencia espacial, pero al mismo tiempo puede ser usada en países subdesarrollados para proveer una producción intensiva de alimentos en áreas limitadas (Resh, 1992).

### 2.2. Concepto.

El término hidroponía procede de las palabras griegas hydros - agua y ponos - trabajo o actividad, lo que literalmente se traduce como trabajo o actividad en el agua (Sánchez del Castillo, 1988).

La hidroponía puede ser definida como la técnica de cultivar plantas sin utilizar suelo, aunque usando un medio o sustrato inerte tales como grava, arena, turba, aserrín, cascarilla de arroz, perlita, vermiculita o lana de roca a los cuales se añade una solución de nutrientes que contiene todos los elementos esenciales para su crecimiento normal, desarrollo y producción (FAO, 1998).

Donnan (1999) comentó que en algunos círculos, el término hidroponía es usado en una forma restringida, solo para describir sistemas basados en agua. Sin embargo también se usa el término en el sentido más amplio con el mismo significado de cultivo sin suelo a nivel internacional.

La hidroponía, es considerada como un sistema de producción agrícola apto para la siembra de hortalizas, plantas ornamentales, medicinales, almácigos, forrajes, producción de algas y semillas certificadas en lugares donde estos productos son caros y escasos, pudiendo ser posible la obtención de varias cosechas al año y de la misma especie (Lomelí, 1999).

Resh (2000) recomendó la producción hidropónica como una excelente opción en lugares donde las hortalizas con alta demanda y altos precios, tienen la limitante de escasa tierra arable y carencia de agua fresca, pero abundante sol.

El sistema de producción hidropónico puede emplearse en lugares propensos a la sequía para la obtención de forraje verde, ya que este es rápido y simple, pues las semillas germinan y crecen en bandejas hasta convertirse en forraje verde en un ciclo de 8 días (Fox, 2000).

En un sistema hidropónico el agua y los nutrientes están más disponibles, por lo tanto, el crecimiento es más rápido y las plantas crecen más vigorosas, al mismo tiempo el consumo de agua y el gasto de fertilizantes es mínimo (Rodríguez, 2001).

Existen explotaciones a base de hidroponía en México, para cultivos como tomate en los que se han obtenido rendimientos que superan en 10 veces a los de los cultivos tradicionales. Los responsables de estas explotaciones señalan que, con el sistema de hidroponía, se incrementan los beneficios económicos, debido a que una vez que se ha

estabilizado el sistema, se reducen los costos de producción, se elevan los rendimientos unitarios, se aumenta la precocidad de las plantas, se controlan mejor las plagas y enfermedades, y se obtienen cosechas durante todo el año, razón por la cual se reciben los mejores precios de venta, por un producto con una calidad que supera las demandas del mercado (Castaños, 1993).

Rodríguez (2001), sugirió que antes de iniciar un proyecto hidropónico es importante conocer el manejo agronómico, ya que el desconocimiento de este puede reducir significativamente los rendimientos. El éxito de la producción hidropónica depende más del conocimiento del manejo agronómico (clima apropiado para el cultivo, siembra, riegos, control de plagas y enfermedades, etc.) que del conocimiento de la técnica en sí.

### 2.3. Factores ambientales.

Las plantas son indispensables para todos los demás organismos vivos por su capacidad de transformar la energía solar en la energía química de los alimentos. Son organismos autótrofos, ya que fabrican sus propios alimentos mediante la fotosíntesis a partir de materiales primarios como el bióxido de carbono, iones inorgánicos y agua. La fotosíntesis depende de la clorofila y otros pigmentos que atrapan la luz, distribuidos por las partes aéreas de la planta, es decir, sus hojas y tallos. Los pigmentos dan a las plantas su coloración verde. Las plantas responden lentamente a los estímulos y son por lo general inmóviles; la mayoría están permanentemente unidas al sustrato por un sistema de raíces (Enciclopedia Metódica, 1997).

Los fundamentos sobre los cuales se basa la hidroponía son extremadamente simples son consecuencia del conocimiento de los principios fisiológicos que regulan el crecimiento vegetal: conocimiento que ha permitido invertir el sistema natural de crecimiento de las plantas: en vez de poner éstas en el terreno, (en cuya solución circulante hallan alimento) es la solución nutritiva la que es puesta a disposición de su aparato radical (Durany, 1982).

De los requisitos esenciales para que la planta pueda crecer bien, el proceso hidropónico provee normalmente varios de ellos, en la misma forma que con los cultivos en la tierra. Agua, luz, aire y temperatura son dones de la naturaleza, que pueden suministrarse en

la casa como parte de lo que nos rodea o, si no, por medios artificiales. Pero los dos últimos factores las sales minerales y el sostén para las raíces, deben proporcionarse como suplemento (Douglas, 1981).

### 2.3.1. Agua.

Casi todos los procesos vegetales están directa o indirectamente afectados por el abastecimiento de agua. La actividad metabólica de células y plantas, se encuentra muy relacionada con el contenido de agua, lo que hace resaltar la importancia del suministro. En las plantas más del 90% de las estructuras vivas de las células (protoplasma) consiste de agua, las paredes de todas las células vegetales vivas están impregnadas de agua y una gran parte del volumen de esas células está ocupado por vacuolas llenas de jugo celular, agua con varias sustancias disueltas (Aguilera, 1996).

El agua y los materiales disueltos en ella se desplazan por vías de transporte especiales: El agua pasa del suelo a través de raíces, tallos y hojas hasta la atmósfera; y sales inorgánicas y moléculas orgánicas circulan en muchas direcciones en el interior de una planta. Miles de distintas clases de reacciones químicas se realizan continuamente en toda célula viva transformando agua, sales minerales y gases del ambiente en tejidos y sistemas del vegetal (Salisbury, 1994).

El agua es primordial para la germinación de las semillas, estas están extremadamente deshidratadas. Normalmente contienen sólo del 5 al 20% de agua de su peso total y tienen que absorber una buena cantidad antes de que se inicie la germinación; el primer estadio de la germinación llamado imbibición es por lo tanto de rápida toma de agua. Hay indicaciones de que no hay crecimiento sino hasta que se alcanza un cierto nivel crítico de agua (diferente para los diversos tipo de semillas). Si se deseca la semilla después de pasado este punto y de haberse iniciado el metabolismo, muere. Después de la imbibición la absorción de agua decrece, la germinación prosigue y empiezan los procesos irreversibles que llevan el crecimiento y desarrollo (Bidwell, 1979).

La mayor parte del agua absorbida por las plantas se pierde ya sea en forma líquida y sobre todo en forma de vapor. Cuando el agua del suelo es abundante y la atmósfera está esencialmente saturada con vapor de agua, frecuentemente se encuentran gotitas de agua



en el borde de las hojas. Estas gotas han sido forzadas hacia fuera del xilema; después de que las raíces extraen el agua del suelo, pasa a lo largo del xilema hasta llegar a las células del mesófilo de las hojas. Una parte de la superficie epidérmica de la hoja está constituida por un gran número de poros llamados estomas. Los poros estomáticos se abren a los espacios intercelulares de la hoja y al medio externo, aparte de la transpiración estomática existe otra en la que el agua se pierde también en forma de vapor a través de la epidermis. Esta última recibe el nombre de transpiración cuticular y la cantidad de agua perdida a través de ésta, es insignificante en comparación con la cantidad perdida por transpiración estomática. Solamente en tiempo muy seco, cuando los estomas se encuentran cerrados, la pérdida de agua a través de la epidermis puede alcanzar un nivel importante (Aguilera, 1996).

La transpiración es una función que desempeñan todos los vegetales y que se manifiesta por la expulsión de vapor de agua hacia el medio ambiente. Los diferentes órganos de las plantas son recorridos por una corriente constante de agua y sales minerales disueltas, tomadas del suelo por las raíces. El vapor de agua expulsado proviene entonces de la evaporación del exceso de agua que existe en el citoplasma, en el jugo celular de las vacuolas y en los espacios intercelulares. Esta evaporación es provocada por la temperatura interna normal de la planta y por el calor del medio ambiente (Ruíz, 1979)

El agua también interviene en el proceso de la fotosíntesis. La fotosíntesis se considera como un puente entre la energía del sol y la energía necesaria para la vida en la tierra. Esta conversión de energía se lleva a cabo en los organismos fotosintéticos cuando éstos absorben la energía solar y la utilizan para reorganizar los átomos del agua y del dióxido de carbono y formar entre ellos nuevos enlaces químicos ricos en energía. El producto de esta reagrupación es oxígeno (Reacción de Hill) y compuestos orgánicos que suministran la energía necesaria para las plantas y animales (Welch, 1978).

El proceso del movimiento de agua a través de la planta puede sintetizarse como sigue: el agua penetra al espacio libre o apoplasto de las raíces y se mueve por ósmosis para salvar la barrera impuesta por la banda de Caspary de la endodermis. El potencial osmótico se genera con la absorción de solutos desde la solución del suelo por los protoplastos de las células corticales y el transporte de esos solutos vía el simplasto a través de la endodermis, que se continúa por su retorno al apoplasto dentro de la estela. En este proceso puede producirse cierta presión positiva en el xilema de la parte inferior del tallo, la cual

puede ser suficiente para transportar agua lentamente hasta una altura considerable de aquél. Este puede ser el mecanismo mediante el cual se reparan las columnas de agua que se rompen o se rellenan los vasos xilemáticos vacíos. Sin embargo, la principal fuerza impulsora del movimiento ascensional del agua, es la evaporación de ésta de las superficies foliares. El agua asciende en el tallo, atraída hacia arriba por la tensión que produce su pérdida desde las hojas. La propiedad cohesiva del agua es suficiente bajo circunstancias normales, así las columnas de agua resisten la tensión del impulso ascensional que causan las fuerzas de evaporación (Bidwell, 1979).

La absorción se efectúa por el fenómeno de ósmosis, y éste se define como la difusión de una sustancia a través de una membrana semipermeable, es decir, aquella que deja pasar los solventes pero no los solutos (Aguilera, 1996).

Los solutos pueden movilizarse por difusión a través de canales que presentan barreras físicas, o pueden ser arrastrados mediante el flujo del solvente (fuerzas de arrastre de solvente). Sin embargo, si una barrera física, como una membrana o un material coloidal como el citoplasma, interfiere su libre paso, una diversidad de mecanismos puede implicarse en la transferencia del soluto a través de la barrera. Si ésta no es completa, la solución puede atravesarla o los componentes de la solución pueden difundir a través de ella. Sin embargo, es evidente que la tasa de difusión o de flujo se verá afectada por las propiedades de la barrera. Si ésta pertenece a un sistema viviente, como membrana o citoplasma, los solutos pueden atravesarla por difusión pasiva o por transporte activo. El transporte activo es la transferencia de iones o moléculas a tasas o cantidades que parecen contravenir las leyes de difusión y equilibrio electroquímico. Ello sólo puede conseguirse mediante inversión de energía. Por lo tanto, el transporte activo puede definirse como el movimiento de iones contra un potencial electroquímico mediante el uso de energía derivada del metabolismo. Es la participación del metabolismo como fuerza impulsora de transporte. La diferencia es que si las moléculas se mueven por difusión, lo hacen sólo a favor de un gradiente de potencial, en tanto que si lo hacen por transporte activo, parecen moverse en contra de ese gradiente (Bidwell, 1979).

La absorción pasiva o por procesos osmóticos no requiere directamente ningún gasto de energía, se cree que el agua circula desde el suelo al interior de la raíz a favor de un gradiente de presión osmótica creciente. Es decir, que el agua penetra debido a que va

encontrando concentraciones mayores a medida que pasa de las células exteriores de la raíz a interiores (Aguilera, 1996).

### 2.3.2. Luz.

La luz que proviene del sol es un elemento vital para el proceso de la fotosíntesis y por lo tanto para el crecimiento de las plantas (Reges, 2000)

La energía de la luz, absorbida por la clorofila, se usa para sacar electrones del agua, causando la liberación de oxígeno (Reacción de Hill) y para elevarlos por un proceso de transporte en dos pasos al nivel reductor requerido para reducir el dióxido de carbono. En el proceso el Pi se esterifica al ADP haciendo ATP que se usa, junto con el poder reductor generado, para llevar a cabo un ciclo de reacciones en las que el dióxido de carbono es fijado hasta carbohidrato (Bidwell, 1979).

La principal virtud del proceso de fotosíntesis es la capacidad de atrapar la energía proveniente de la radiación del sol y transformarla en energía química, mediante una serie de complejas reacciones. En las hojas verdes interactúan el bióxido de carbono del aire y el agua de las raíces, más energía lumínica para que, mediante fotosíntesis, se produzcan azúcares con liberación de oxígeno como subproducto. El azúcar se transloca y se convierte en almidón, en los órganos de almacenamiento (frutas y tubérculos). La respiración ocurre en todas las células vivientes de la planta, aéreas o subterráneas. Los carbohidratos almacenados reaccionan con el oxígeno para producir energía, con liberación de bióxido de carbono como subproducto (Lira, 1994).

Referente a la cantidad de luz, la fotosíntesis más intensa ocurre en la clorofila mediante la absorción de los rayos anaranjados y rojos, ya que ellos tienen la mayor cantidad de energía radiante. Los rayos azul violeta muestran menor actividad fotosintética, apenas 14% de la actividad de los rayos rojos. La composición cualitativa de la luz cambia durante el transcurso del día, así como también durante las diferentes épocas del año y a causa de distintas altitudes geográficas. La luz directa así como la luz difusa es igualmente aprovechada productivamente por las hojas. En algunos casos la luz directa puede causar quemaduras en los órganos de las plantas (Miranda, 2002).

La luz ejerce un fuerte factor de control sobre la apertura de estomas, los cuales se cierran en la oscuridad. Cuando una hoja en la oscuridad se ilumina, normalmente la fotosíntesis no se inicia ni alcanza su tasa máxima por algunos minutos. Ello puede atribuirse, por lo menos parcialmente, al tiempo de retraso en la apertura estomática. La cantidad de luz necesaria para que se abran los estomas varía entre especies (Bidwell, 1979).

Respecto a la intensidad luminosa, en algunas especies el máximo de fotosíntesis se realiza mediante la menor intensidad de la luz, y en otras absolutamente lo contrario. De acuerdo con sus exigencias en relación con la intensidad de la luz, las plantas hortícolas se dividen en: muy exigentes (melón, calabaza, pimiento, ajo, berenjena, cebolla, zanahoria, etc.), medianamente exigentes (coliflor, remolacha de ensalada, etc.) y poco exigentes (lechuga, espinaca, etc.) (Miranda, 2002).

La intensidad de la luz afecta el crecimiento de las plantas, pues altera la tasa de actividad fotosintética. El efecto varía con los diferentes tipos de plantas. Algunas especies requieren altas intensidades para crecer bien; por ejemplo, maíz, papa, caña de azúcar, la mayoría de los pastos y algunos árboles frutales. Aquellas especies que no crecen bien bajo altas intensidades de luz se denominan plantas de sombra, muchas crecen adecuadamente en el piso sombreado de los bosques y algunas se utilizan como plantas ornamentales. Otras especies crecen bien bajo intensidades moderadas de luz; algunas de ellas son flores, como los crisantemos (Lira, 1994).

En lo que se refiere a la cantidad de luz, particularmente por su respuesta al fotoperíodo, se ha establecido que algunas plantas (lechuga, espinaca, rabanito, col, zanahoria, perejil, remolacha, cebolla, papa, etc.) se desarrollan normalmente, esto es, florecen y fructifican solamente si durante un tiempo determinado experimentan la influencia del día largo. Si no están colocadas en estas condiciones forman grandes órganos vegetativos. El rabanito, puede formar muchas raíces carnosas y gruesas; la espinaca, grandes rosetas de hojas; la col repollos múltiples; el ajo no forma dientes, ni la cebolla bulbos y órganos reproductores. Las plantas que han crecido en las regiones de las altitudes geográficas meridionales se desarrollan rápidamente, y pasan a la fase reproductiva en corto tiempo, solo si experimentan la influencia del día corto (Miranda, 2002).

La luz también es importante para la germinación de algunas semillas. Las semillas muy pequeñas tienen tan solo mínimas cantidades de alimento almacenado para los principios del crecimiento del embrión, por lo que les es necesario volverse autótrofas cuanto antes. Si germinan en el suelo muy profundamente pueden agotar sus reservas antes de alcanzar la superficie. La exigencia de luz impide que esto suceda y asegura que la germinación ocurra solamente en la superficie o cerca de ella. Solamente pocas semillas muestran respuesta a la luz; la lechuga "Gran Rapids" se ha estudiado mucho por su enérgica respuesta. La germinación de otras semillas es inhibida por la luz. Este puede ser también un mecanismo de protección que impide a las semillas con germinación lenta el que éste se produzca en la superficie durante un breve chubasco, pues se podría desecar antes de que sus raíces alcanzaran una capa de suelo con humedad constante y suficiente (Bidwell, 1979).

### 2.3.3. Aire.

El aire atmosférico está compuesto por diversos gases, entre ellos el oxígeno y el bióxido de carbono. Las plantas para efectuar la fotosíntesis requieren el suministro de cantidades considerables de bióxido de carbono. Necesita además liberar un volumen equivalente de oxígeno mientras tiene lugar el proceso. El intercambio de gases se efectúa a través de los estomas (Kimball, 1976).

El viento es el movimiento del aire que se desplaza de una zona de alta presión a una zona de baja presión. La velocidad del viento ejerce un marcado efecto sobre la transpiración porque influye sobre el gradiente de vapor de agua próximo a la superficie foliar. Normalmente existe una capa límite en la superficie de la hoja: una capa de aire no alterada a través de la cual el agua debe difundir desde la hoja a la atmósfera exterior. Mientras más delgada sea la capa límite, más acentuado es el gradiente de presión de vapor y, por consiguiente, más rápida la transpiración. El viento, al perturbar la capa límite, incrementa la transpiración. Empero, esto constituye por lo regular un efecto secundario. Conforme los tejidos se secan, los estomas se cierran, limitándose así la transpiración. Los vientos influyen sobre la temperatura, la humedad y las lluvias. Son benéficos porque refrescan y renuevan el ambiente alrededor de las plantas y ayudan a la polinización. Sin embargo los vientos fuertes dañan los cultivos al voltearlos y acarrear polvos y materiales nocivos para las plantas (Bidwell, 1979)

Las corrientes de aire como las brisas y los vientos renuevan constantemente la atmósfera en la superficie de las hojas y al mismo tiempo arrastran el vapor de agua que pueda existir al contacto de ellas y el cual disminuye la intensidad de la transpiración de los vegetales. En atmósfera en calma, las plantas, debido a la transpiración, se rodean de una capa de aire casi saturado de vapor de agua y la energía de la transpiración disminuye considerablemente; basta una simple sacudida de la planta o una ligera corriente de aire, para que el fenómeno aumente en intensidad. Los vientos cálidos y secos tienen una influencia particularmente notoria sobre los vegetales, a los cuales llegan a desecar con rapidez, en el caso en que no posean bastante humedad en el terreno en que se encuentren (Ruíz, 1979).

El contenido de agua o humedad del aire tiene un marcado efecto sobre la transpiración porque modifica el gradiente bajo el cual difunde el vapor de agua. La temperatura afecta enormemente la presión del vapor de agua necesaria para saturar el aire. La mayor parte del agua que pierde la planta se evapora de las superficies foliares por el proceso de la transpiración. La pérdida de agua, es inevitable en sistemas fotosintéticos por lo que su regulación es esencial para el bienestar de toda la planta (Bidwell, 1979).

#### 2.3.4. Temperatura.

Entre los varios factores que afectan a las plantas, la temperatura es de los más importantes ya que también influye sobre la fotosíntesis y sobre otros procesos vitales para el desarrollo de los vegetales ( Welch, 1978).

La temperatura a bajas intensidades de luz (20,000 lux ó 1,850 bujías pie) no ejerce un efecto notable en la tasa de fotosíntesis, pues la luz actúa como factor limitante. Sin embargo, como regla general, si la luz no es una limitante, la tasa de actividad fotosintética se duplica, aproximadamente, por cada 10° C que se incrementa la temperatura en el ambiente de plantas en climas templados. El efecto de la temperatura es diferente en cada especie; las plantas adaptadas a condiciones tropicales requieren una temperatura mayor para alcanzar la máxima tasa de fotosíntesis, que aquéllas de regiones frías sin embargo, temperaturas muy altas – superiores a los 40° C- afectan la tasa fotosintética de la mayoría de las plantas no adaptadas, debido a que los estomas de las hojas tienden a cerrarse (Lira, 1994)

En días calurosos la tasa de transpiración puede sobrepasar la capacidad de la raíz para reemplazar el agua. Esta situación de emergencia potencial es subsanada mediante un mecanismo autoprotector excelente. Si el suministro de agua a las hojas disminuye las células de la hoja pierden la turgencia. Cuando las células de guarda pierden la turgencia se cierran los estomas. Esto a la vez conduce a un descenso fuerte de la tasa de transpiración, con lo cual se mantiene el contenido de humedad adecuado dentro de la hoja. Por supuesto, el cierre de los estomas también conlleva la suspensión del intercambio de bióxido de carbono y oxígeno, de modo que necesariamente la tasa de la fotosíntesis también disminuye (Kimball, 1976).

Este factor tiene una gran influencia sobre la formación de clorofila en los vegetales, a temperaturas muy bajas o muy altas se obtienen plantas amarillentas con un mínimo de aquel pigmento (Ruíz, 1979).

Para la mayoría de las plantas hortícolas la temperatura más adecuada para el crecimiento está entre los 15 y 35 grados centígrados. El grado de adaptación de una planta a temperaturas cambiantes varía según la especie. Para cultivos hidropónicos bajo cubierta la temperatura ideal promedio es de 20 grados centígrados, para la mayoría de los vegetales (Reges, 2000)

La respiración, como otros procesos enzimáticos, se ve afectada por la temperatura. Dentro de ciertos límites la tasa de las reacciones enzimáticas se duplica, aproximadamente por cada 10° C de elevación de la temperatura. Al ir aumentando la temperatura por encima de 35° C puede haber una caída progresiva más y más rápida de la respiración debido a la destrucción de las enzimas por el calor y el rompimiento del mecanismo respiratorio (Bidwell, 1979)

#### 2.3.5. Sales Minerales.

Las sales minerales son los nutrientes, que en cultivos en terreno son proporcionados por el suelo; y están divididos en macro y micronutrientes. Los macronutrientes son Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Potasio (K), Nitrógeno (N), Fósforo (F) y Azufre (S), y son requeridos por la planta en grandes cantidades y se llaman también nutrimentos mayores. Los micronutrientes o nutrimentos menores son el Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Boro (B), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Molibdeno (Mb) y Cloro (Cl).

Evidentemente, las plantas necesitan carbono, hidrógeno y oxígeno, pero éstos están disponibles en los medios normales donde ellas crecen – aire y agua – (Bidwell, 1979).

Son macronutrientes aquellos que la planta requiere en concentraciones entre 40 y 1000 ppm y micronutrientes los que requiere en concentraciones entre 0.001 y 10 ppm (Miranda, 2002).

Las plantas absorben los elementos nutritivos contenidos en el aire y en el suelo a través de las hojas y de las raíces, respectivamente. El dióxido de carbono, fuente de carbono y de oxígeno, se absorbe a través de los estomas de las hojas, en tanto que los demás se absorben generalmente desde la solución del suelo a través de las raíces. Esto lo hacen por medio de los numerosos pelos radicales que poseen las raíces jóvenes, los cuales se renuevan continuamente, ya que tienen una vida de unos pocos días. Estos pelos radicales segregan sustancias ácidas que contribuyen a solubilizar compuestos difícilmente solubles, tales como fosfatos y carbonatos. En esta acción de solubilización también interviene el dióxido de carbono producido por la respiración de las raíces (Fuentes, 1999).

Cada elemento es vital en la nutrición de la planta, la falta de uno solo limitará su desarrollo, porque la acción de cada uno es específica y ningún elemento puede ser reemplazado por otro (Pinchuk, 1997).

La cantidad de un ión presente en la solución y el complejo de intercambio de éste es, por lo tanto, el resultado de varios factores: la cantidad total presente, su capacidad de intercambio, su pH, así como la relativa abundancia de otros iones (Bidwell, 1979).

En cuanto al clima, los factores que más influyen sobre la absorción son la temperatura y la humedad. A medida que aumenta la temperatura se incrementa la absorción, debido a una mayor actividad bioquímica, hasta llegar a un límite óptimo por encima del cual decrece progresivamente hasta paralizarse. Al contrario ocurre con las temperaturas bajas, que además de dificultar la actividad bioquímica provocan una disminución de la solubilidad. De un modo semejante a medida que aumenta la humedad, dentro de ciertos límites, se produce un incremento en la absorción de nutrientes (Fuentes, 1999).



### 2.3.6. Sustentación para las raíces.

La sustentación para las raíces en cultivos tradicionales es proporcionada por el suelo, en sistemas hidropónicos, por un sustrato o medio sólido inerte que cumple dos funciones esenciales: anclar y aferrar las raíces protegiéndolas de la luz y permitiéndoles respirar y por otro lado, contener el agua y los nutrientes que las plantas necesitan. Los gránulos componentes del sustrato deben permitir la circulación del aire y de la solución nutritiva. Se consideran buenos aquellos que permiten la presencia entre 15% y 35% de aire y entre 20% y 60% de agua en relación con el volumen total (Pinchuk, 1997).

## 2.4. Descripción técnica.

### 2.4.1. Sustratos.

Los sustratos o agregados son toda sustancia natural o artificial que sirve de base, de apoyo o envoltura, o de suelo nutritivo. En este sentido, el sustrato de relleno del hidrocultivo es, a su modo, el sustituto para la tierra de la que carece, y en la cual las raíces vegetales no sólo encuentran alimento, sino también sujeción y apoyo. Conforme a los requerimientos especiales sobre todo por la constante imbibición con la solución nutritiva, toda sustancia de relleno ha de cumplir requisitos muy determinados (Schubert, 1981).

Los materiales que pueden ser usados como sustratos deberían tener las siguientes características (Rodríguez, 2001):

- Elevada capacidad de retención de agua.
- Suficiente suministro de aire.
- Adecuado tamaño de partículas, que permita un equilibrio agua-aire.
- De baja densidad aparente (liviano).
- De estructura estable.
- Baja salinidad.
- Capacidad para mantener constante el pH.
- Mínima velocidad de descomposición.
- No debe liberar sustancias tóxicas para las plantas.
- Fácil de mezclar.

- Fácil de desinfectar.
- Debe estar disponible.
- Ser de bajo costo.

Sin embargo, un material por sí solo no reúne todas las características deseadas para ser considerado un sustrato ideal.

El sustrato debe suministrar a las raíces el agua necesaria para el desarrollo de la planta y el aire necesario para la respiración de las raíces. Por ello los sustratos que tienen una acción a modo de capilares mediante sus numerosos poros abiertos, son mucho mejores que aquellos que son lisos y carecen de poros, cuya superficie cerrada no ejerce dicho efecto capilar (Schubert, 1981).

Penningsfeld (1983) recomendó para una buena respiración de las raíces en cultivos hidropónicos sustratos de materiales que a causa de su granulometría y estabilidad estructural ofrecen la posibilidad de una aireación elevada. Se debe procurar, en la zona de las raíces una proporción del 30 por 100 de materiales y un 70 por 100 de espacio vacío, el cual será ocupado a partes iguales por aire y agua, pudiendo reducirse la parte sólida del sustrato hasta en un 10 por 100. Mientras más elevada es la capacidad de retención de agua del sustrato, menos frecuente deben ser los riegos; además deben existir bastantes macroporos. Para los sustratos compactos, la mejor granulometría varía de 2 – 6 milímetros y para los porosos entre 2 y 15 milímetros de diámetro.

Durany (1982) comentó que cuando la humedad retenida por el sustrato resulte escasa a los fines de las exigencias de las plantas, al sustrato se le puede añadir un cierto porcentaje de otro material, como por ejemplo, la vermiculita, capaz de retener fuertes cantidades de agua. Las dimensiones más adecuadas de cada uno de los elementos que constituyen el sustrato, cuando se emplea la grava o arena gruesa, están comprendidas entre 2 y 10 mm de diámetro. Elementos más gruesos (2 – 3 centímetros de diámetro) son, en cambio, empleados para facilitar el drenaje de la solución, poniéndolos, en ligera capa, sobre el fondo de la plataforma.

Schubert (1981) sugirió cuidar los siguientes parámetros con respecto al sustrato, este ha de ser resistente a la putrefacción, no debe contener elementos terrosos o de otra especie que se puedan descomponer por acción de la solución nutritiva, perjudicando de este modo a las plantas. Ha de ser fisiológicamente neutro, o químicamente indiferente; esto es, no ha de contener ninguna sustancia que pueda ser atacada por los elementos químicos de la solución nutritiva o por las secreciones de las raíces, con lo cual se alteraría la composición química de la solución. Debe ser estructuralmente estable, que incluso en una utilización prolongada no debe alterar su forma, ni desmoronarse o aglutinarse. Un buen sustrato de relleno se puede utilizar durante años, tras una limpieza desinfectante adecuada. Ha de corresponder a la forma de las raíces y a su crecimiento mayor o menor. Un granulado más grueso (grava, 2mm- 2cm) o más fino (vermiculita .75-1 mm), una consistencia más dura (grava, pedazos de ladrillo, cuarzo, tezontle, etc.) o más suave (turba), un poder de absorción mayor (arena, perlita, vermiculita, aserrín, turba, lana de roca, etc.) o menor (grava, basalto, granito, tezontle, cuarzo, etc.) de los diferentes sustratos, todo ello permite, adaptarlo de forma conveniente al carácter y a la energía vegetativa de las raíces (Miranda, 2002). Ha de corresponder a la finalidad de aplicación por lo que respecta a su peso. Las plantas individuales de gran altura, que tienden a inclinarse y que por ello precisan una cierta estabilidad, están muy bien sujetas entre la pesada piedra machacada o en un relleno de guijarros o de cuarzo. Los sustratos de relleno apropiados para usarlos repetidas veces no sólo deben lavarse sino desinfectarse.

El medio de cultivo más económico será con frecuencia el que más abunde en la zona, que resultará, por lo mismo, muy barato (Douglas, 1981).

La investigación de los países técnicamente más avanzados, sobre todo en el campo de la horticultura se ha enfocado hacia la búsqueda de sustratos que pudiesen sustituir al suelo y a la puesta a punto de tecnología que permitiera asegurar una nutrición integral de las plantas a través de un adecuado manejo del riego. Los sustratos más utilizados son los siguientes: cascarilla de arroz, arena, grava, residuos de hornos y calderas, piedra pómez (pumecita), aserrines y virutas, ladrillos y tejas molidas (libres de elementos calcáreos o cemento), espuma de poliestireno (utilizado casi únicamente para aligerar el peso de otros sustratos), turba, vermiculita, perlita, lana de roca y fibra de coco (Pinchuk, 1997).

#### 2.4.2. Recipientes.

El recipiente es el elemento utilizado en los cultivos hidropónicos, destinado a confinar el sistema radicular de las plantas, con el fin de brindarles protección de los agentes externos y ofrecerles las condiciones más adecuadas para que se desarrollen y puedan cumplir sus funciones. La elección del recipiente a emplear depende de los recursos disponibles y del presupuesto del que se disponga, así se podrán comprar, construir o adaptar los contenedores de cultivo (Sánchez, 1995).

Generalmente los recipientes más adecuados son los de material plástico (Pinchuk, 1997).

Puede utilizarse todo tipo de recipientes para el cultivo hidropónico casero, bandejas cuadradas, macetas, ollas, escudillas, piletas de cocina o cualquier otro receptáculo ya que todos ellos resultan aptos. Los recipientes no deben ser de ningún material que pudiera resultar tóxico para las plantas si son de metal o de chapa de hierro, deben pintarse con productos químicos de acción protectora e impermeabilizante, específico para cada recipiente antes de ser usados. Los de madera deben forrarse o revestirse con una tela impermeable de plástico que puede fijarse. Pueden ser medios barriles y latas, tambores de aceite cortados en secciones y aun cubiertas de neumáticos cortados por la mitad (Douglas, 1981).

La profundidad del contenedor dependerá de la altura de sustrato necesario de acuerdo a la etapa y al tipo de cultivo. Para almácigos se requiere una altura mínima de sustrato de 5 cm. Para siembra directa o trasplante definitivo, la altura del sustrato puede variar de 7 cm a 10 cm para hortalizas de hoja (acelga, espinaca, lechuga, albahaca, etc.), u hortalizas de fruto (tomate, pimiento, pepinillo). Sin embargo, las hortalizas de raíces y tubérculos (zanahoria, nabo, betarraga, etc.) requieren una altura mínima de sustrato de 20 cm (Rodríguez, 2001).

Es importante que los recipientes tengan perforaciones en su base para el drenaje y aireación. Los cultivos hidropónicos necesitan que los orificios estén abiertos en el momento del drenaje, pero que puedan ser obturados por medio de tapones. Para asegurar un buen drenaje es necesario que los recipientes tengan una pendiente entre el 3% y el 5% que dependerá del sustrato utilizado. Si el recipiente no es opaco podrá originar el desarrollo de

algas que competirán por los nutrientes, el oxígeno y alterarán el pH de la solución. Otra condición esencial es que debe ser inerte químicamente para evitar reacciones o cambios en la solución nutritiva (Pinchuk, 1997).

#### 2.4.3. Solución nutritiva.

La solución nutritiva tiene la responsabilidad de suministrar a las plantas, las sales minerales que requieren para su crecimiento y desarrollo. Dichas sales están compuestas por 13 elementos mencionados con anterioridad. Las plantas no necesitan estos minerales en cantidades como necesitan el CO<sub>2</sub>, aunque es de vital importancia que todos los minerales sean suministrados a la planta en cantidades relativamente correctas. Las plantas varían día a día sus requerimientos nutricionales, el solo hecho de suministrar exacto los minerales requeridos es casi una misión imposible. Sin embargo, hay que recordar que las plantas pueden crecer si cada mineral se encuentra dentro de un rango de concentración haciendo la tarea más fácil. La mayoría de las soluciones tienen dos formulaciones llamadas de crecimiento y floración. Esto refleja la diferencia en los requerimientos entre una planta en crecimiento vegetativo y una planta en floración y fructificación. Estas dos formulaciones son necesarias para un crecimiento satisfactorio en la mayoría de las plantas. La principal diferencia entre las fórmulas de crecimiento y floración es la relación de NPK. Esto se refiere a cantidades relativas de nitrógeno, fósforo y potasio en una solución nutritiva. Las fórmulas de crecimiento tienden a tener más nitrógeno y menos fósforo y potasio; mientras que las fórmulas de floración tienen menos nitrógeno y más fósforo y potasio; esto tiende a reflejar el cambio nutricional conforme la planta madura (Barry, 1997).

Una deficiencia o toxicidad es causante de un desorden fisiológico en la planta; la deficiencia se produce cuando uno de los elementos esenciales no se encuentra en cantidades fisiológicamente suficientes y, la toxicidad, cuando se encuentra en cantidades mayores a las requeridas. Algunas deficiencias se manifiestan primero en hojas adultas o inferiores, por ejemplo la deficiencia de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, zinc y molibdeno; otras ocurren primero en las hojas jóvenes o superiores (azufre, calcio, hierro, manganeso, cobre, boro y cloro). Los grados de deficiencia varían con la especie y las condiciones en las cuales las plantas se desarrollan. El síntoma más común es la clorosis, que viene a ser la reducción o pérdida de la clorofila en las hojas. Esto puede ocurrir como resultado de varias deficiencias (N, Mg, Fe, Mn, etc.); sin embargo, el tipo de clorosis algunas veces es diferente para los

distintos elementos esenciales. Por ejemplo en la deficiencia de nitrógeno, ocurre clorosis en las hojas adultas, ante una deficiencia de hierro, la clorosis se observa en hojas jóvenes (Rodríguez, 2001).

La concentración de cada elemento mineral es esencial en una solución nutritiva hidropónica y depende de varios factores. El tipo de planta que se cultiva es un factor, igual una variedad de una especie en particular puede tener diferentes requerimientos minerales que otras variedades. La etapa de crecimiento de la planta también afecta los requerimientos minerales. Plantas jóvenes de la mayoría de las especies requieren más nitrógeno cuando están en crecimiento. Sin embargo, menores cantidades son requeridas cuando las plantas están maduras. La absorción de nutrientes es también afectada por las condiciones medio ambientales como la temperatura y humedad. Como consecuencia de esto, es imposible establecer una lista de cada elemento con un nivel exacto para cada mineral, esto también es innecesario. Se ha encontrado que cada mineral en la solución nutritiva tiene su propio rango de concentración a la cual es efectiva (Barry, 1997)

En síntesis, se puede decir que la formulación de la solución nutritiva debe integrar los aspectos siguientes (Orellana, 2001):

- a) La suma de aniones debe ser igual a la de cationes.
- b) Es preferible aportar el nitrógeno en forma de nitratos.
- c) Un pH comprendido entre 5.6 – 6.5 desempeña un papel importante para mantener la estabilidad de las soluciones.
- d) Una concentración de sales comprendida entre 1.0 – 2.0 milimhos/cm.

Una solución nutritiva completa tipo hidroponía se basa en el principio de que las raíces absorben iones, los cuales provienen de la disociación en el agua de las sales minerales sólidas. De acuerdo con este principio cada partícula de sal introducida en el agua se disocia generando un par de iones de carga opuesta: es decir, un ión positivo (catión) y un negativo (anión). Teniendo en cuenta lo anterior, la solución nutritiva debe ser una formulación equilibrada entre aniones y cationes, lo cual significa que la suma de aniones contenida en ella deberá ser igual a la suma de cationes (Orellana, 2001).

La principal forma de absorción del nitrógeno por las plantas es el nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y también en la forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) pero en menor proporción. El exceso de amonio puede ser perjudicial para las plantas; ya que para que este sea asimilado, la planta requiere

más energía, consumiendo sus compuestos de reserva (almidón, sacarosa, etc.) formados durante la fotosíntesis (Rodríguez, 2001).

El pH mide la concentración de iones hidrógeno ( $H^+$ ) de una solución, a mayor concentración de iones hidrógeno libres, menor será el pH y viceversa. El pH es importante porque este valor permite conocer el grado de disponibilidad de los nutrientes minerales en la solución nutritiva y, por lo tanto, su disponibilidad para las plantas. Es importante mantener el pH de la solución nutritiva en un rango ligeramente ácido, 5.5 a 6.5, dentro de una escala de 0 a 14. El pH variará de acuerdo al tipo de cultivo, estado de crecimiento y a las condiciones ambientales (Rodríguez, 2001).

Otro factor que no se debe descuidar en estos sistemas es la conductividad eléctrica (CE), ya que su determinación ayuda a estimar globalmente la forma iónica de una solución salina, sin dar ninguna información acerca de los iones que están presentes en la solución. Como dato general, se puede decir que la mayoría de las soluciones nutritivas que se utilizan en el medio, casi siempre presentan una conductividad eléctrica de entre 1.5 a 3 milimhos/cm (Orellana, 2001)

Existen otros factores importantes con respecto a las soluciones nutritivas. La temperatura de la solución debe estar dentro del rango correcto. Si la solución es muy fría, la tasa metabólica de la raíz baja y la absorción de nutrientes también. Esto tiene un efecto de retardo en el crecimiento de la planta por debajo de lo deseado. También existen problemas cuando la temperatura es muy alta y esto afecta la absorción mineral. El mejor rango de temperatura está entre 18 y 25° C para la mayoría de cultivos. Aparte de los efectos directos sobre el sistema radicular, la temperatura es importante porque determina la cantidad de oxígeno que puede estar disuelto dentro de la solución. El agua o una solución nutritiva fría pueden disolver más oxígeno que el agua o una solución caliente, ya que la cantidad total de oxígeno disuelto puede estar limitada y en el mejor de los casos, es importante mantenerlo en un punto alto. Las raíces como cualquier órgano vivo necesita oxígeno para trabajar apropiadamente. Es posible "ahogar" las raíces si no hay suficiente oxígeno disuelto en la solución. Otra razón por la cual la solución debe estar bien oxigenada es por los patógenos. La enfermedad más común, en plantas cultivadas hidropónicamente es el *Pythium*. Este hongo inicialmente torna las raíces marrones, conforme la enfermedad progresa las raíces mueren y se rompen. La mejor forma de saber si la planta tiene *Pythium* es coger la raíz y darle un suave tirón, si la raíz se separa tiene *Pythium* y las plantas no tendrán una buena producción.

Un factor común en la mayoría de las infestaciones es el bajo nivel de oxígeno disuelto en la solución nutritiva; esto es fácil de corregir. Una bomba de pecera con piedra porosa en el nutriente es un método económico y efectivo para asegurar que la solución esté saturada de oxígeno disuelto. Con sistemas tales como el NFT, la solución cae desde las mesas al tanque, esta acción es suficiente para oxigenar la solución. También existen productos, como Oxyplus, que son excelentes oxigenadores. Este producto es una solución fuerte de peróxido de hidrógeno que se rompe en oxígeno y agua (Barry, 1997).

#### 2.4.4. Riego.

El modo de hacer llegar a la planta el agua y la solución nutritiva es lo que se denomina sistema de riego. Sus características fundamentales son: localización y alta frecuencia. La localización implica que el agua se aplica sobre un volumen restringido de sustrato, donde se espera que las plantas obtengan el agua y los nutrientes que necesitan. Ello produce modificaciones en algunas características de las relaciones sustrato-agua-planta: distribución de las raíces, régimen de salinidad, reducción de la evaporación, etc. El agua es necesario aplicarla con alta frecuencia y en dosis reducidas ya que el volumen de sustrato humedecido es pequeño. Ello implica importantes consecuencias sobre su aprovechamiento, ya que al estar siempre el sustrato en capacidad de contenedor (máxima cantidad de agua que retiene un sustrato; en agricultura se conoce como capacidad de campo), o muy próximo a ella, las plantas absorben agua con mucha facilidad (Rodríguez, 2001).

La calidad del agua de riego es uno de los factores que más nos puede condicionar un cultivo hidropónico. El sistema de riego más extendido, riego por goteo, permite la utilización de aguas de mala calidad que serían inutilizables bajo otros sistemas de riego como aspersión o inundación. Ahora bien, la frecuente presencia de elementos tóxicos para las plantas como sodio, cloruros o boro en cantidades demasiado altas nos condicionan el tipo de cultivo y el manejo del mismo en cuanto a nutrición, riego y volumen de drenaje (Alarcón, 1996).

La frecuencia de los ciclos de riego va en relación a la naturaleza de la planta, de su estado de desarrollo, condiciones climáticas, como intensidad lumínica, longitud del día, temperatura y el tipo de sustrato utilizado como medio de cultivo. En condiciones de invernadero de alta intensidad lumínica y acompañada de altas temperaturas, el porcentaje de evaporación de las plantas se incrementa grandemente y como resultado la absorción del agua



aumenta significativamente. La frecuencia de los ciclos tiene que ser suficiente para impedir cualquier déficit de agua en las plantas que provoquen un estrés hídrico con sus lamentables consecuencias. La duración de cualquier ciclo de riego tiene que ser suficiente para proporcionar un adecuado filtrado del medio, para que puedan evacuar los nutrientes excesivos a través del sustrato, de no ser así, se formarían niveles de sal que causarían un retraso en el crecimiento e incluso una toxicidad en las plantas y su posterior muerte (Lomelí, 1999).

Es obvio que las necesidades hídricas varían notablemente a lo largo del día y de un día para otro. En un cultivo tan tecnificado como el hidropónico no podemos permitir que las plantas sufran estrés hídrico que afecte su rendimiento final o despilfarros de solución nutritiva. Es necesario que las plantas reciban el agua necesaria y en el momento que la precisan. La programación horaria de los riegos no es actualmente un método válido, por muy ajustados que estos sean, un día nublado puede implicar exceso de aporte respecto a la cantidad de agua necesaria y un día excepcionalmente caluroso se traduciría en déficit hídrico temporal para la plantación. Actualmente existen en el mercado numerosos métodos capaces de solucionar este problema, son los denominados métodos de riego por demanda, sensores de radiación (solarímetros) que disparan el riego al alcanzar cierto valor de radiación acumulada, unidades evaporimétricas y tensiómetros que actúan de un modo similar (Alarcón, 1996).

Los sistemas de riego adoptan múltiples formas como son: inundación, subirrigación, goteo, aspersión, atomización etc. (Miranda, 2002).

#### 2.4.5. Métodos de cultivo en hidroponía.

Los sistemas hidropónicos se pueden clasificar de varias formas. Las dos más comunes son: por el manejo de la solución nutritiva y por el medio de cultivo en que se establecen (Miranda, 2002).

##### 2.4.5.1. Dependiendo del manejo de la solución nutritiva.

Los sistemas de cultivo hidropónico se dividen en dos grandes grupos: Cerrados, que son aquellos en los que la solución nutritiva se recircula aportando de forma más o menos continua los nutrientes que la planta va consumiendo y; abiertos o a solución perdida, en los que los drenajes provenientes de la plantación son desechados (Alarcón, 1996).

#### 2.4.5.2. Dependiendo del medio de cultivo.

Dependiendo del medio en el que se desarrollan las raíces, los sistemas de cultivo sin suelo se pueden clasificar en tres grupos: 1) cultivo en sustrato; 2) cultivo en agua o hidropónicos y; 3) cultivo en aire o aeropónicos (Duran, 2000)

1). Los cultivos realizados en un sustrato, según el manejo al que se ven sometidos, pueden funcionar por inundación periódica del sustrato, ya sea por subirrigación, con recogida del retorno en la misma balsa donde se guarda la solución nutritiva, o distribuyendo la solución nutritiva mediante sistemas de goteo. Los sustratos que se caracterizan por su baja capacidad para retener el agua y los nutrientes (grava, arlita) requieren un aporte de agua y soluciones nutritivas casi continuo. Los sistemas más utilizados (lana de roca, perlita, fibra de coco, arena), que se caracterizan por su mayor capacidad de retención de agua, permiten utilizar riegos menos frecuentes. Existe una gran cantidad de materiales y sustratos que permiten realizar multitud de combinaciones a la hora de instalar un sistema de cultivo sin suelo (Duran, 2000).

2). Cultivos en agua o solución nutritiva. Reciben también el nombre de cultivo en agua, acuacultura, quimiocultura o nutricultura. El principio básico consiste en que las raíces de las plantas se desarrollan parcial o totalmente en un medio líquido que contenga todos los elementos nutritivos necesarios. La tina contiene en su parte superior una cama o lecho de un material absorbente (generalmente orgánico) sostenido por una malla de alambre. El lecho tiene como funciones principales el servir de sostén a las plantas, retener la solución para usarse por la planta recién nacida o bien para favorecer la germinación cuando se efectúa la siembra directa. Por debajo del soporte del lecho se encuentra el tanque de solución nutritiva en el que se sumergirá una parte o toda la raíz de las plantas ahí ancladas (Miranda, 2002).

El sistema NFT (Nutrient Film Technic) o película nutriente consiste en proporcionar al sistema radicular de las plantas un flujo de sustancia nutriente que forma una película a todo lo largo de los canales o contenedores de las plantas, que están suspendidas sobre dichos contenedores en recipientes individuales permitiendo que una parte de las raíces estén en contacto con la atmósfera y el resto este dentro de la delgada película de sustancia que fluye dentro de los canales, este sistema es muy utilizado para producción a niveles comerciales o industriales (Duran, 2000).

3) El cultivo en aire o aeroponía, es el cultivo de plantas en contenedores opacos, que a la vez les sirven de soporte y en los cuales están suspendidas las raíces y bañadas en lo que se podría llamar una neblina de solución de nutrientes (Resh, 1992).

Desde hace algunos años, investigadores australianos han puesto a punto nuevos sistemas aeropónicos comerciales, uno de ellos recibe el nombre de Schwalbach System (SS). El sistema consiste en un tanque de plástico de 200 litros de capacidad que alimenta una cámara de crecimiento en la que se encuentran las raíces en completa oscuridad. Una bomba se encarga de distribuir y pulverizar finamente la solución nutritiva, lo que permite atender simultáneamente 60 puntos de distribución, por cada uno de los cuales se pulveriza la solución nutritiva a razón de 10 litros por hora (Duran, 2000).

La innovación aeropónica más recientemente desarrollada en Australia recibe el nombre de Aero-Gro System (AGS). Se caracteriza y distingue fundamentalmente de los demás sistemas aeropónicos porque incorpora tecnología ultrasónica, lo que permite proyectar la solución nutritiva a baja presión, con gotas finamente pulverizadas y sin problemas de obstrucciones en tuberías y boquillas de pulverización. Se trata de una tecnología basada en los principios que se utilizan en clínicas y hospitales para tratar pacientes que sufren determinados problemas asmáticos, la pulverización ultrasónica de agua vaporizada, a temperatura ambiente y a baja presión (Duran, 2000) .

#### 2.4.6. Perspectivas y futuro de la hidroponía.

Actualmente la hidroponía es una rama establecida de la ciencia agronómica, que ayuda a la alimentación de millones de personas; estas unidades pueden encontrarse floreciendo en los desiertos de Israel, Líbano y Kuwait. En las Filipinas, en las azoteas de Calcuta y en los pueblos desérticos de Bengala Oriental. Hay sistemas grandes y pequeños usados por compañías e individuos en sitios tan lejanos como la Isla Baffin y Eskimo Point en el Ártico de Canadá. Los cultivadores comerciales están usando esta técnica maravillosa para producir comida a gran escala de Israel a India y de Armenia al Sahara. En las regiones áridas del mundo, como México y el Medio Oriente, donde el suministro de agua fresca está limitado, están desarrollándose complejos hidropónicos combinados con unidades de desalinización para usar agua del mar como una fuente alternativa. Los complejos se localizan cerca del océano y las plantas son cultivadas en arena de playa. En otras áreas del mundo, como en el Medio oriente, hay poca tierra apta para cultivar debido al desarrollo de la

industria del petróleo y el flujo subsecuente de riqueza, la construcción de instalaciones hidropónicas grandes para cultivar y alimentar a la población en estas naciones resulta muy valiosa (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 2001)

En los Estados Unidos se tienen invernaderos altamente eficientes en energía, cubiertos con doble capa de policarbonato de alta tecnología que reducen los costos de energía; con aditivos de polifilm que atrapan los rayos infrarrojos dentro del invernadero de tal modo que se reduce el consumo de combustible, y también con aditivos que excluyen ciertas longitudes de onda de luz que inhiben el crecimiento de hongos. Se ha logrado sistemas de control ambiental computarizado que monitoréan y ajustan las condiciones dentro del invernadero, basados en las condiciones de tiempo y luz solar que existen fuera del invernadero. Se usan sistemas precisos de riego o fertirrigación que están controlados de acuerdo a las necesidades de las plantas, y que están basados en la luz solar y/o en los análisis nutricionales computarizados de las hojas de las plantas (Brentlinger, 2002).

Donnan (1999) indicó que el área total mundial de la producción de cultivos hidropónicos está estimada en alrededor de 12,000 hectáreas. Sólo la producción anual de hortalizas es de alrededor de los 3 millones de toneladas; cuando se combina con flores cortadas, esto da un valor total sobre los US \$ 4 billones de dólares.

Los avances en los sistemas hidropónicos se van dando según las necesidades, para hacerlos más prácticos y productivos, como es el caso del sistema de cultivo en columnas, es un sistema hidropónico de producción comercial que se caracteriza por el crecimiento vertical de las plantas en macetas apiladas o en columnas que contienen un sustrato liviano. Este sistema permite una alta producción de plantas por unidad de área, pero está restringido para plantas de porte pequeño que toleren estar colgadas y que tengan sistema radicular no muy extenso. El sistema es muy usado para la producción de fresas; también es útil para producir lechugas de hoja (crespa, mantecosa y romana), espinaca, albahaca, menta, berro, cilantro, perejil y orégano; asimismo para la producción de algunas plantas de flor (pensamiento) y plantas ornamentales (Corazón de Jesús). Las columnas pueden ser tubos de PVC de 6 a 8 pulgadas de diámetro, mangas plásticas de 8 micras de espesor y de 25 a 30 cm de diámetro o macetas de termopor (poliuretano expandido) de 3.5 litros de capacidad, apiladas verticalmente (Rodríguez, 1999).

La NASA ha utilizado la hidroponía desde hace aproximadamente 30 años para alimentar a los astronautas. Hoy en día las naves espaciales viajan seis meses o un año. Los tripulantes durante ese tiempo comen productos vegetales cultivados en el espacio. La NASA ha producido con esta tecnología (Controlled Ecological Life Support System) desde hace mucho tiempo, desarrollándola incluso para la base proyectada en Marte ( Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 2001).

Actualmente en Chapingo, México se lleva a cabo el proyecto Agribot. El cual es un sistema automatizado para la producción de jitomate bajo condiciones de invernadero, empleando técnicas hidropónicas y de inteligencia artificial. Es un proyecto que tiene como objetivo general lograr la automatización de la producción agrícola bajo condiciones controladas de invernadero, demandando una investigación interdisciplinaria de tres grandes áreas de la ciencia agronómica, ciencias computacionales y la mecatrónica. En particular se plantea el empleo de técnicas agronómicas altamente productivas como la hidroponía, ambientes controlados, y la aplicación de los avances logrados en la inteligencia artificial y la robótica para el control de las variables tanto ambientales como biológicas que intervienen en la producción de un cultivo agrícola (Gil Vázquez, 2002).

Los cultivos hidropónicos aumentan significativamente la producción por unidad de superficie y mejoran la calidad de los productos. Estos cultivos son parte importante de la base tecnológica productiva de hortalizas de países desarrollados tales como Dinamarca, Suecia, Canadá, España, Francia, Estados Unidos, Japón, Reino Unido y Holanda. Además los sistemas hidropónicos impulsan una amplia salvaguardia ambiental relacionada con el control de insectos, plagas y enfermedades con tecnologías alternativas, minimizantes del uso de plaguicidas sin riesgos para la salud humana por contaminación de enfermedades gastrointestinales difundidas a través del uso de aguas de riego contaminadas y ambientalmente seguras respecto al reciclaje de residuos ( FAO, 1998).

### III. MATERIALES Y METODOS.

La implementación de un huerto hidropónico en viviendas urbanas, requiere para su desarrollo de pequeños espacios acondicionados dentro del terreno de la casa. Lugares que cuenten con ventilación y reciban los rayos del sol, pero al mismo tiempo puedan ser protegidas las plantas de la fuerte radiación solar, así como de la lluvia, el frío y el aire, instalando una lona de plástico o cristal, según sea el material que más se acomode a las necesidades.

Las características climáticas para la mayor parte de la Ciudad de México, D.F. según García (1973) son: Clima templado subhúmedo con lluvias en verano, temperatura media para el mes más frío entre  $-3$  y  $18^{\circ}$  C, temperatura media anual entre  $12^{\circ}$  y  $18^{\circ}$  C, y una precipitación anual de 720.8 mm.

#### 3.1. Materiales.

##### 3.1.1. Material Biológico.

Nombre Común	Nombre Científico	Requerimiento Gr.
1) Acelga	(Beta vulgaris var. Cicla L.)	1
2) Berro	(Nasturtium officinale R. Br.)	1
3) Cilantro	(Coriandrum sativum L.)	5
4) Chicharo	(Pisum sativum L.)	4
5) Jitomate	(Lycopersicum esculentum Mill.)	1
6) Lechuga	(Lactuca sativa L.)	1
7) Tomate	(Physalis aequata Jacq.)	1

### 3.1.2. Material estructural.

Como lo que se pretende es minimizar los costos lo más posible es conveniente trabajar con el material que se tenga a mano, para comprar lo menos que sea posible.

- 1) Las mesas o bancos que sostendrán las cajas.
- 2) Cajas o guacales vacíos.
- 3) Grava de 1-2 cm.
- 4) Arena.
- 5) Plástico negro grueso (No. 6) para forrar las cajas.
- 6) Plástico para vivero.
- 7) Botes para guardar la solución.
- 8) Cubetas para regresar la solución al bote.
- 9) Manguera opaca para desaguar la solución.
- 10) Garrafones para guardar la solución concentrada.
- 11) Alambre para sostener tutores.
- 12) Rafia para tutores.

### 3.1.3. Material químico.

- 1) Botella de cloro.
- 2) Bolsa de detergente.
- 3) Fertilizantes.

### 3.2. Costos.

<u>Semillas:</u>	Peso	Número de	Costo de	Total
	por bolsa	bolsas	c/bolsa	
Acelga	2 g.	1	\$ 7.90	\$ 7.90
Berro	1 g.	1	\$ 7.90	\$ 7.90
Cilantro	2 g.	3	\$ 7.90	\$ 23.70

Chícharo	3 g.	2	\$ 7.90	\$ 15.80
Jitomate	1 g.	1	\$ 7.90	\$ 7.90
Lechuga	1 g.	1	\$ 7.90	\$ 7.90
Tomate de cáscara	1 g.	1	\$ 7.90	<u>\$ 7.90</u>
				\$ 79.00

Material estructural:

Guacales, cantidad por hilera 8 x 4 hileras = 32 cajas x \$3.00 c/u	\$ 96.00
Plástico negro, 10 m x \$16.00 m	\$160.00
Plástico para vivero, 3 m x \$35.00 m	\$105.00
Arena, 1 bote (19 litros) a \$6.00	\$ 6.00
Grava, 36 botes x \$6.00 costo del bote (19 litros)	\$216.00
Cubetas de plástico, 4 x \$10.00	\$ 40.00
Botes de 5 litros, 2 x \$10.00	\$ 20.00
Botes de 50 litros, 3 x \$50.00	\$150.00
Botes de 10 litros, 4 x \$15.00	\$ 60.00
Alambre, rollo de 1 kg	\$ 29.00
Rafia, pieza de más de 100 m.	\$ 25.00
Manguera para desagüe 5 m x \$10.00	<u>\$ 50.00</u>
	\$ 957.00



Material químico:

Botella de cloro de un litro	\$ 4.70
Detergente de un kg	\$ 11.60
Fertilizantes, Nitrato de potasio 1 kg	\$ 7.20
Nitrato de amonio 1 kg	\$ 2.66
Superfosfato triple 1 kg	\$ 2.50
Sulfato de magnesio 1 kg	\$ 2.69
Quelato de hierro 100 gr	\$ 4.20
Sulfato de manganeso 100 gr	\$ 1.21
Borax 100 gr	\$ 1.33
Sulfato de zinc 100 gr	\$ 1.27
Sulfato de cobre 100 gr.	<u>\$ 1.85</u>
	\$ 41.21

El costo total sería de \$1,077.21 para implementar el huerto hidropónico en caso de que no se contara con ningún material.

3.3. Métodos.

El huerto está proyectado para una superficie de 14.7 m, con medidas de 2.94 x 5 m ( figura No. 1 ). Contaría con 3 pasillos a lo largo de 50 cm y 2 a lo ancho de 54 cm; 4 hileras de plantas de 36 cm de ancho por 3.92 m de largo cada una. Los bancales estarían formados por cajas o guacales, 8 por cada hilera, haciendo un total de 32 cajas.

Cada caja mide 49 cm de largo por 36 cm de ancho y 20 cm de profundidad. Se requiere cubrir con plástico negro de 1x.90 m cada caja. El plástico negro tiene una medida de

1 m de largo por 3 m de ancho, para cubrir las 32 cajas se requiere de 10 m para ser cortado a la medida requerida.

El plástico para vivero servirá para techar el huerto, cada metro de plástico tiene de ancho 6 metros por 3 de largo, da para cubrir una superficie de 18 m.

El huerto se distribuiría de la siguiente manera: Una hilera para jitomate, una hilera para tomate de cáscara y otra para chícharo, cada una con 8 cajas. Cada caja contendría 3 plantas, lo que daría una cantidad de 24 plantas por hilera ( figura 2 ). Estarían plantadas a una distancia de 25 a 30 cm entre plantas y 10 cm a la orilla de la caja. Las cajas contendrían grava hasta una altura de 15 cm, para lo cual se requiere de un bote (19 litros) más un cuarto por caja, dando un total requerido de grava de 30 botes. Y para el riego se necesita de 6 litros por caja, en total son 48 litros por hilera.

Para acelga, berro, cilantro y lechuga se han asignado 2 cajas para cada una, ubicadas en la cuarta hilera. La grava para estas verduras se colocaría hasta los 10 cm en cada caja, para lo que se necesita  $\frac{1}{2}$  de bote por caja, dando un total de 6 botes para esta hilera. En cuanto a la solución nutritiva se requiere de 4 l por caja, 8 litros por hortaliza.

Para la siembra definitiva de acelga las plantas estarían a 18 cm a lo largo de la caja con espacio a la orilla de 6.5 cm y 20 cm entre plantas a lo ancho de la caja con 8 cm a la orilla, así cabrían 6 plantas por caja, 12 por las dos cajas ( figura 2 ).

El berro se sembraría a 12 cm de distancia entre plantas, a lo ancho de la caja se dejaría 6 cm a la orilla y a lo largo 6.5 cm, con este acomodo cabrían 12 plantas por caja, 24 en total ( figura 2 ).

Para el caso del cilantro se sembraría directamente poniendo las semillas a una distancia de 3.5 cm entre ellas y también a la orilla, resultando 117 plantas por caja, 234 plantas en total ( figura 2 ).

La lechuga se pondría al trasplante a una distancia de 17 cm entre plantas, una distancia a la orilla de 9.5 cm a lo ancho de la caja y 7.5 cm a lo largo, así se tendrían 6 plantas por cada caja, 12 en total ( figura 2 ).

Cada caja deberá tener desagüe por medio de un trozo de manguera de 15 cm aproximadamente, para las 32 cajas se requiere 4.8 m de manguera.

Con alambre se forma un cableado para sostener las plantas con rafia.

Los materiales y métodos descritos en este capítulo son la base del proyecto a desarrollar con el manual motivo de esta tesis.

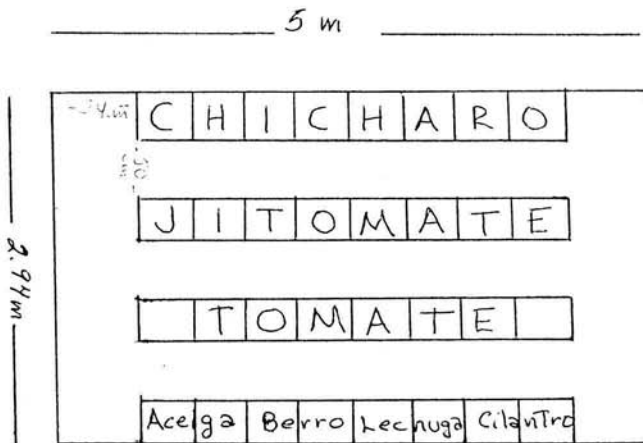


Figura No. 1 Distribución del huerto hidropónico proyectado.

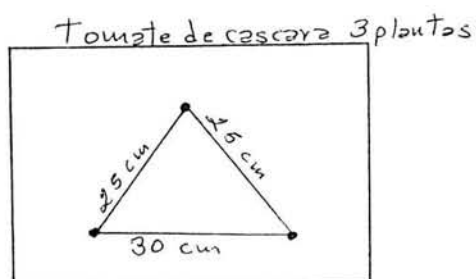
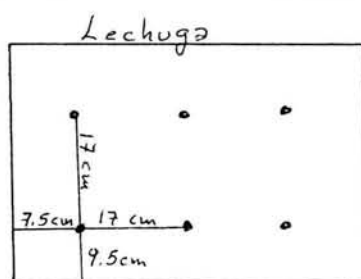
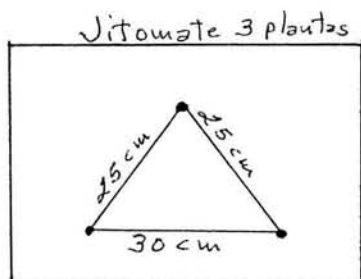
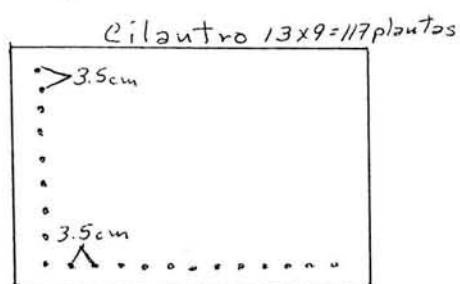
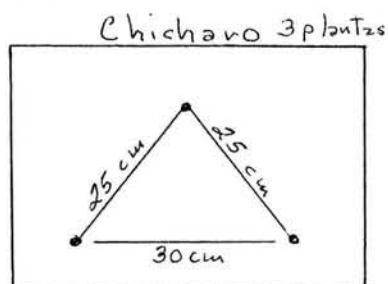
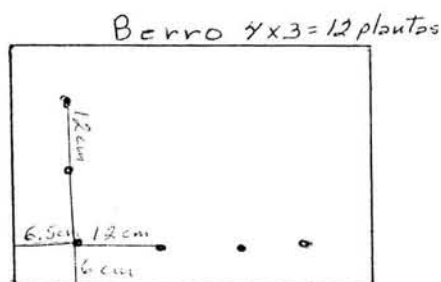
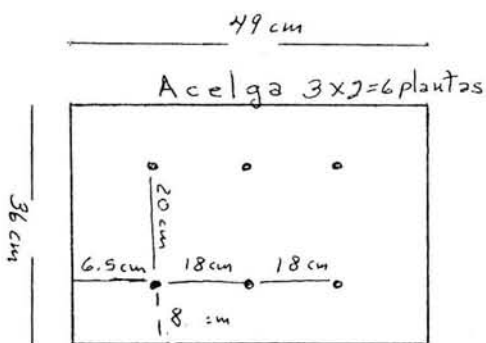


Figura No. 2 Disposición de las hortalizas en cada una de sus cajas.

#### IV. MANUAL DE UN HUERTO HIDROPÓNICO.

Una huerta casera tiene como fin fundamental producir hortalizas para el autoconsumo. Las hortalizas son plantas herbáceas con partes comestibles para la alimentación humana.. El alto contenido de vitaminas, minerales y proteínas es una importante razón para comer tantas hortalizas como sea posible. Una familia de tres personas debería comer por lo menos un kilo de hortalizas por día (Van Haeff, 1982).

Hay varias razones importantes por las cuales es muy recomendable iniciar un huerto hidropónico, quizá la más importante sea producir uno mismo alimentos sanos y económicos, resulta muy gratificante ver como van desarrollándose los frutos que luego acabarán como un suculento plato en la mesa. Otra razón importante es el cuidado del medio ambiente y los recursos naturales, así como la labor educativa que se puede desarrollar en la comunidad (Rodríguez, 2001).

##### 4.1. Clasificación de las hortalizas.

Las hortalizas se clasifican botánicamente como se describe a continuación (Sánchez, 1980):

**Acelga.** Pertenece a la familia de las Chenopodiaceae; es una hierba anual, con los tallos rollizos y angulosos, articulados, con las hojas alternas. Flores hermafroditas o unisexuales, generalmente actinomorfas, agrupadas en glómérulos o cimas. El fruto es una nuez indehiscente, envuelta por el perianto.

**Berro.** Pertenece a la familia de las Cruciferae, es una planta herbácea anual de tallos tiernos y glabros, que llega a medir 40 centímetros de altura. Hojas partidas, de 7-9 cm, con los segmentos aovados o aovado-lanceolado, de 10-12 milímetros. Flores blancas en racimos terminales y densos.

**Cilantro.** Pertenece a la familia de las Umbeliferae, es una planta herbácea, con las hojas alternas, frecuentemente divididas, sin estípulas, flores hermafroditas, agrupadas en umbelas sencillas. El fruto está formado por 2 mericarpos indehiscentes, semillas con endospermo abundante y embrión pequeño.

Chícharo.- Pertenece a la familia de las Leguminosae, es una planta anual trepadora, en que las hojas las forman 2 a 8 pares de folíolos ovalados (segmentos) de color verde claro, con el borde entero o ligeramente dentado. En el extremo superior aparece un zarcillo ramificado y en la base dos apéndices más grandes que los folíolos, que representan las estípulas de la hoja. Los tallos son angulosos y la altura depende de la variedad, que en las matas enanas alcanza entre los 15 y 90 cm de longitud, mientras que las de medioenrame tienen tallos de 90 a 150 cm, llegando hasta los 3 metros las denominadas de enrame. Las flores son blancas. Las raíces poseen nódulos en los que se alojan bacterias capaces de fijar el nitrógeno atmosférico.

Jitomate o tomate.- Pertenece a la familia de las Solanaceae, en su lugar de origen es una planta perenne, y en las zonas donde la climatología no es tan cálida es cultivada como planta anual. El porte de la planta es de tipo mata, con un tallo erguido y ramificado (cuando sus frutos engordan llegan a tumbar a la planta). Está recubierta en su totalidad por vellosidades, alguna de las cuales son glandulares con sustancias de olor muy característico. Las hojas son alternas y compuestas, con margen dentado, y están recubiertas de las mismas vellosidades que el tallo. Posee una raíz principal muy desarrollada con gran número de raíces secundarias, que en conjunto forman una estructura muy ramificada. Las flores están agrupadas en racimos que, tras la fecundación, producen unas bayas globosas y carnosas de color rojo y variada forma. Las semillas, de pequeño tamaño y forma aplanada, se encuentran inmersas en una pulpa bastante líquida de agradable sabor.

Lechuga.- Pertenece a la familia de las Compositae, planta herbácea de hojas alternas, simples, sin estípulas, flores hermafroditas, pentámeras, corola gamopétala, tubulosa. EL fruto es un aquenio. Las flores se encuentran agrupadas en cabezuelas. Posee un solo tallo carnoso y raíces abundantes.

Tomate de Cáscara.- Pertenece a la familia de las Solanaceae, hierba dicótomo-ramosa, anual o perenne dependiendo del clima, de tallos delicados, estriados, glabros o escasamente pilosos. Hojas con los pecíolos de 2-3 cm, limbo ovado de base atenuada. Flores pequeñas de unos 10 milímetros de diámetro, amarillas, con manchas oscuras en la base interna de los lóbulos. El fruto es una baya globosa, envuelta por el cáliz acrescente en forma de bolsa, semillas numerosas, reniformes, comprimidas.

Las hortalizas se pueden también clasificar según las partes utilizadas como alimento (Castaños, 1993):

HOJA – Acelga, berro, cilantro y lechuga.

FRUTO – Chicharo, jitomate y tomate.

#### 4.2. Clima.

El clima y el suelo determinan en gran medida la adaptabilidad de las hortalizas a una u otra región, sin embargo en un huerto hidropónico, hay muchas variables que se pueden controlar o disminuir sus efectos nocivos.

Además del clima, la temperatura, la luz y la precipitación que son factores importantes, el viento puede ser un factor limitante, particularmente en la producción de hortalizas delicadas. La mayoría de las hortalizas crecen razonablemente bien en climas con temperaturas promedio entre 10 y 30° C ( Van Haeff, 1982).

Las hortalizas se clasifican de acuerdo a sus necesidades de temperatura (Castaños, 1993):

De bajos requerimientos, las que requieren temperaturas entre 7 y 10° C durante la noche y de 10-25° C en el día (Lechuga, col, espinaca, etc.)

De medianos requerimientos, las que crecen mejor entre los 13 a 18° C en la noche y de 16 a 30° C durante el día (Tomate, chile, calabacita, etc.)

De altos requerimientos, las que necesitan temperaturas nocturnas entre 18-24° C y en el día, que oscilen entre 21-26° C ( Algunas cucurbitáceas y ciertos tipos de maíz dulce).

Las hortalizas exigen diferentes temperatura promedio de acuerdo con su estado de desarrollo. Por ejemplo, la óptima temperatura del suelo para la germinación práctica del tomate varía entre 20 y 25° C. Pero, el mejor desarrollo vegetativo se obtiene con una temperatura del suelo de aproximadamente 15° C. La temperatura óptima del aire para la fecundación de la flor del tomate varía entre 20 y 25° C. Pero, la temperatura adecuada para la maduración es de 17° C. Por lo tanto, las exigencias de cada hortaliza deben coincidir

con las temperaturas que prevalecen en la huerta para implantar tal o cual cultivo (Van Haeff, 1982).

Respecto de la luz solar, las hortalizas tienen exigencias específicas con relación a la duración de la luz por día y a su intensidad. Una escasa o deficiente intensidad de la luz resulta en un crecimiento raquítico de la planta, o sea, los tallos crecen demasiado ligeros en comparación con las hojas. Una excesiva intensidad de luz puede producir quemaduras de los frutos, y causar una acumulación de almidón en las hojas. La intensidad de luz se puede ajustar a las exigencias de las plantas mediante las siguientes prácticas hortícolas (Van Haeff, 1982) :

- Densidad de siembra y trasplante.
- Deshoje, poda y eliminación de chupones.
- Raleo.
- Sombreo.
- Orientación de las hileras, norte-sur o poniente-orienté. En el último caso, las plantas reciben más luz.

Durante periodos húmedos existe el peligro de enfermedades fungosas. Además, la evapotranspiración se reduce, y esto puede causar que la planta sude. Durante periodos de baja humedad se debe efectuar oportunos riegos. Y en periodos con fuertes cambios bruscos en la humedad puede presentarse quemazón de hojas, flores y frutos debido a que la reacción de la planta es algo retardada.

#### 4.3. Planificación del huerto.

Planificar el huerto es muy importante, porque se necesita saber con cuanto espacio se cuenta, para ver cuanto material se necesita, y de éste, cuanto se tiene en casa que se pueda reciclar así como hacer un presupuesto del material que se requiera comprar.

Acondicionar el lugar de trabajo con plástico para vivero es necesario si está a la intemperie y no se cuenta con un cobertizo o alguna otra protección (Samperio, 2000).



También se debe pensar en la producción de las hortalizas que más convenga cultivar en el huerto hidropónico. La selección de éstas depende de lo siguiente (Van Haeff,1982):

- Condiciones climáticas.
- Preferencias en el consumo.
- Objetivos del huerto.
- Condiciones de operación.

Las condiciones climatológicas determinan en primer lugar, cuáles hortalizas se pueden cultivar. Luego, las preferencias de la familia en el consumo, los objetivos del huerto y las condiciones de operación determinan cuáles de estas hortalizas son las más apropiadas. Como en primera instancia es un huerto familiar, se realiza una selección con base en los gustos de la familia. Si se tiene planes de comercializar los excedentes de la producción se debe pensar en hortalizas más rentables. También se debe evaluar que hay hortalizas que requieren condiciones de operación más tecnificadas y de más conocimientos del sistema.

#### 4.4. Preparación del material.

##### 4.4.1. Sustrato.

Para iniciarse en el cultivo hidropónico, se puede emplear un sustrato como la grava ya que es muy fácil de obtener, además es muy económica. Otra ventaja de la grava es que es un material inorgánico y no interfiere con la solución nutritiva. Es recomendable que la grava tenga un tamaño de entre 1 y 2 centímetros de diámetro, así el sustrato permitirá la disponibilidad de agua y aire para conseguir un mejor desarrollo del cultivo (Miranda, 2002).

Por ejemplo si se trabaja con contenedores (cajas) que midan 1x1x.20m,y no se ocuparán macetas; se necesitará aproximadamente de grava 3 botes con capacidad de 19 litros. Si se trabaja con macetas como contenedores primarios, de grava, solamente se necesitará 2 botes por caja (como contenedor secundario).

Además es necesario un bote de tepojal para el semillero. Este material se encuentra en donde venden material para construcción. En caso de no conseguirlo se podrá emplear arena. Esta se debe cernir y ocupar las piedrecillas más grandes (Samperio, 2000).

Una vez que se tiene el sustrato, tanto la grava como el tepojal, por separado se procederá a limpiar de la siguiente manera, se pone a remojar en una tina o cubeta, para quitarle el exceso de sales, tierra e impurezas, se enjuaga varias veces con agua simple. Luego se desinfecta con algún producto comercial de cloro con el 6% de hipoclorito de sodio en una disolución en agua del 2% (2 litros de producto comercial para 100 litros de agua), por 24 horas, se saca y se enjuaga muy bien y se pone al sol. Las arenas finas se desinfectan con el método de solarización, se ponen al sol se cubren con plástico, la alta temperatura generada internamente elimina microorganismos (Rodríguez, 2001).

La grava es un sustrato que sufre de calentamiento y enfriamiento extremos según la temperatura ambiental debido a su alta conductividad térmica, pudiendo ocasionar quemaduras o afectar el crecimiento de raíces (Miranda, 2002).

#### 4.4.2. Recipientes.

Los recipientes o contenedores para el sustrato, pueden ser cualquier utensilio de plástico, unicele o madera, como macetas, tinas, cubetas, cajas vacías de fruta, que se pueden conseguir sin ningún costo o muy económicas. Deberán tener una profundidad de 15 a 20 cm y contar con orificios para el desagüe, estos permanecerán tapados durante el riego, así como una ligera pendiente hacia donde desagüe para que el drenaje sea correcto y las raíces tengan una buena aireación (Samperio, 2000).

Si no se dispone de ningún recipiente, se pueden fabricar cajas de madera (figura 3) y forrarlas con plástico negro calibre No. 6, el tamaño puede ser 1x1x.20m, desde luego el tamaño dependerá del espacio de que se disponga para el huerto hidropónico (Rodríguez, 2001).

Los contenedores se lavarán muy bien con detergente, enjuagando perfectamente con agua y poniéndose al sol.

También puede emplearse la misma fórmula que se utilizó para desinfectar el sustrato.

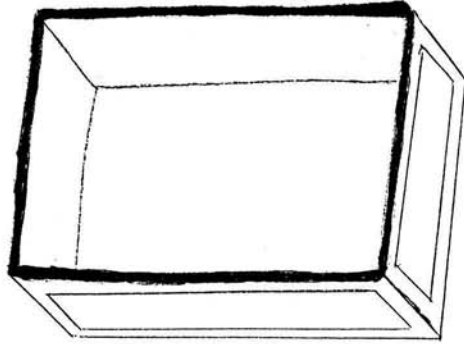


Figura No. 3 Modelo de contenedor en caja de madera forrada de plástico negro.



Figura No. 4 Grava en bolsas de plástico negro como recipiente primario y caja de plástico como contenedor secundario.



Figura No. 5 Contenedor en caja de embalaje de frutas con plástico negro y sustrato de grava.

#### 4.5. Preparación del almácigo.

Una buena siembra ayudará considerablemente a las plantas a desarrollarse bien tanto al comienzo como durante la floración y fructificación. Un semillero o almácigo se compone de una serie de elementos destinados a brindarle a la semilla todas las condiciones necesarias para su germinación( Pinchuk, 1997).

Muchas de las hortalizas requieren una germinación en semilleros para su posterior trasplante. La razón principal para el uso de almácigos es que las semillas de muchas hortalizas son bastante pequeñas y requieren una cama de semilla fina para su germinación. Otras razones para usar semilleros son las siguientes (Van Haeff, 1982):

- Se ahorra espacio.
- Se aprovecha al máximo la semilla.
- Se favorece la germinación mediante mejores labores.
- Se tiene oportunidad de seleccionar las plantas para el trasplante.
- Se facilita el cuidado de las plantas y permite protegerla.

#### 4.5.1. Semilla.

Toda semilla contiene, en potencia, una planta viva completa en forma latente que está esperando los estímulos necesarios para iniciar una vida activa. Para que la semilla germine debe absorber suficiente cantidad de agua para que la corteza exterior se abra y el pequeño embrión que está dentro empiece a desarrollarse (Pinchuk, 1997).

La semilla con la que se trabaje debe ser certificada, de esta manera, se tiene la seguridad de adquirir material de alta calidad, que garantice una buena germinación, así como propiedades y características de la variedad en cuanto al clima, resistencia a una o más enfermedades, etc. (CEA, 2000).

#### 4.5.2. Condiciones medio ambientales.

Cada cultivo tiene una temperatura óptima de germinación. En algunos casos germinan bien en un rango relativamente amplio de temperaturas, son aquellas que se pueden sembrar durante todo el año. El mantenimiento de la temperatura es también muy importante ya que un cambio brusco podría interrumpir el proceso de germinación o parar incluso el crecimiento de la plántula (Rodríguez, 2001)

La luz puede estimular o inhibir la germinación de acuerdo a la variedad de la planta. Las semillas respiran durante la germinación, por lo tanto si no existe aire en abundancia se asfixian, por eso hay que tener cuidado con la cantidad de agua que se suministra y con el tipo de medio en el cual se siembra (Pinchuk, 1997).

Por lo tanto el almácigo debe estar protegido del frío, de la radiación solar directa y de la temperatura alta en época de verano.

#### 4.5.3. Siembra.

Para hacer el semillero hay que tomar en cuenta el porcentaje de germinación; si este es del 80%, poniendo 20 semillas sólo germinarán 16 (CEA, 2000).

Antes de poner las semillas en el sustrato Rasch (1998) recomendó remojar en algún recipiente ( figura 6 ) con el procedimiento que a continuación se describe:

- 1) Se coloca una servilleta de papel gruesa, sobre una charola de plástico.
- 2) Se remoja la servilleta con agua, el nivel no debe sobrepasar a la servilleta.
- 3) Se colocan las semillas sobre la servilleta, dejando un espacio de 1 cm entre una y otra.
- 4) No hay que dejar secar la servilleta, ésta siempre debe estar húmeda.
- 5) La temperatura es muy importante, debe ser un lugar tibio entre 20 y 25° centígrados.
- 6) Poca luz, que no de directamente a nuestro recipiente.

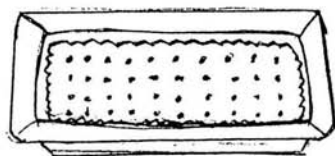


Figura No. 6 Charola de plástico para remojar semillas

Samperio (2000) recomendó las siguientes medidas para obtener buenos resultados en la germinación:

a) Una vez que las semillas se han remojado de 24 a 48 horas, se colocan una por una en pequeños vasitos que contengan tepojal, o algún otro sustrato de partículas pequeñas menores de 0.5 mm de diámetro principalmente porque retienen mayor humedad, la que es necesaria para la germinación. El sustrato se acomoda hasta la mitad del recipiente, luego se coloca la semilla previamente remojada y otra cantidad de sustrato, aproximadamente un centímetro, cuidando no llenar completamente el vasito, para cuando se aplique el riego no se derrame el agua. Al vaso con anticipación se le habrá hecho un pequeño orificio para que salga el agua de riego. Una vez que las plantas tienen cuatro hojas verdaderas son transplantadas al lugar definitivo.

b) Se debe evitar el uso de sustratos que tiendan a compactarse pues podrían presentarse problemas por falta de oxígeno y además dificultaría la emergencia de las plántulas.

c) Los vasos con las semillas se colocan en cajas de plástico o de unicel y se ponen en lugares tibios donde reciban sol.

d) Una humedad estable es imprescindible para una buena germinación y posterior crecimiento de la plántula. El riego hay que hacerlo diariamente o las veces que sea necesario con un aspersor manual para no desplazar las semillas ni doblar los débiles tallos. Hay que evitar excesos de humedad que provocarían pudrición. Un descuido en el riego puede provocar en unas horas un daño irreversible en las plántulas.

Los riegos se realizan sólo con agua hasta la obtención de las plántulas. También puede iniciarse el riego con media concentración de solución nutritiva cuando hayan aparecido las dos primeras hojas verdaderas hasta que se transplantan a su lugar definitivo (Rodríguez, 2001).

La siembra puede hacerse directamente, en tal caso se usará un sustrato más fino como el tepojal en lugar de la grava, ocupando las medidas que se dan en el Cuadro No. 1.

Cuadro No. 1 SIEMBRA DE HORTALIZAS							
Cultivo	Semillas por Gramo	Profundidad	Distancia entre Semillas	Días para Germinación	Días para Transplante	Distancia en el Transplante	Días para Cosecha
Acelga	90-100	1.5 cm	1.0 cm	6	18-25	18-20 cm	60-70
Berro	600-700	1.0 cm	12.00 cm	8	-	-	60
Cilantro	55	2.0 cm	3.5 cm	17	-	-	40-50
Chícharo	6-8	2.0 cm	2.0 cm	8	20-25	25 cm	80-90
Jitomate	300-400	1.0 cm	1.0 cm	7	25-30	25-30 cm	90-100
Lechuga	850-1200	0.5 cm	1.0 cm	4	15-18	17 cm	60-70
Tomate Verde	400-600	1.0 cm	1.0 cm	7	25-30	25-30 cm	100-120

Fuente: Rodríguez, D.A., et. al. 2001.

#### 4.6. Implantación del cultivo.

##### 4.6.1. Trasplante.

El trasplante se realiza cuando las plántulas tienen tres a cuatro hojas verdaderas o cuando lleguen a medir de 5 a 8 cm de altura, según se vaya presentando ese estado en cada una de las especies con las que se está trabajando (Rodríguez, 2001).

Mientras que las plántulas están en el almácigo, se prepara el material para la siembra definitiva. Con los contenedores y el sustrato limpios y listos se procede al trasplante.



Las plántulas deberán sacarse de los vasitos vaciando todo el contenido en la mano separando la plantita con cuidado para no lastimar las raíces, y acomodando en el centro de los recipientes que contendrán el sustrato más o menos tres cuartas partes de su capacidad, procediendo a poner más sustrato que sostendrá a la planta. Luego se acomodan a la distancia que se recomienda en el cuadro No. 1 dependiendo de la especie. Una vez terminado el transplante se procederá a regar con la solución nutritiva. El sustrato deberá ser humedecido con anterioridad al transplante (Samperio, 2000).

#### 4.6.2. Riego

En los cultivos hidropónicos es imprescindible el uso de un sistema de riego para suplir las necesidades de agua de las plantas y suministrarle los nutrientes necesarios. El primer requisito es que el agua que se utilice sea potable, es decir que sea apta para el consumo humano. Los sistemas de riego que pueden utilizarse van desde uso manual con regadera, hasta el más sofisticado con controladores automáticos de dosificación de nutrientes, pH y programador automático de riego. Un sistema de riego consta de un tanque para el agua y nutrientes, tuberías que conducen el agua y goteros o aspersores (emisores). El tanque debe ser inerte con respecto a la solución nutritiva y de fácil mantenimiento limpieza y desinfección (Pinchuk, 1997).

Para el sistema de riego por inundación de cultivo en grava, la solución nutritiva se prepara y almacena en un tanque y, por medio de una cubeta se distribuye en los contenedores. La solución entra por la superficie del contenedor, de tal forma que ésta asciende inundando el sustrato. Luego se provoca el drenaje ( figura 7) de la solución y con la misma cubeta se recoge y se retorna al tanque (Rodríguez, 2001).

En caso de regar por gravedad, se deberá tener suficiente altura para lograr buena presión en los goteros, si se riega utilizando una bomba, el tanque puede estar enterrado en el piso. Las tuberías de pvc y mangueras de polietileno son las más baratas. El diámetro dependerá del caudal y longitud del tramo (Pinchuk, 1997 )

En cuanto a la aplicación de los riegos Miranda (2002) hace las siguientes recomendaciones: La frecuencia de irrigación depende de varios factores, tales como el tamaño y tipo de planta, las características de la grava y las condiciones climáticas. Para plantas pequeñas generalmente basta con un riego al día; conforme las plantas crecen será necesario regar dos o tres veces al día. Las plantas de mucho follaje requieren riegos más frecuentes.

Las gravas no porosas requieren más riegos y las partículas más grandes igualmente. Una alta temperatura o un viento constante hace necesaria mayor frecuencia de riegos y generalmente en clima cálido se requieren de dos a tres riegos diarios, particularmente en el verano. El mejor procedimiento para establecer la frecuencia de riego es observar las plantas. Cuando se irriga una vez al día se recomienda que se haga entre las 10 y las 13 horas y cuando se hacen 2 riegos se sugiere el primero entre las 8:00-10:00 horas y el segundo entre las 14:00 y 15:00 horas. Si son tres o más riegos se debe evitar el regar después de las 17:00 horas y antes de las 7:00 horas para evitar posibles carencias de oxígeno a nivel radicular.

Los riegos se aplicarán durante media hora, evitando que el agua llegue hasta la superficie para evitar que se formen algas, una vez cumplido el tiempo de riego se recupera la solución y se guarda en el tanque principal cuidando que no le de sol. Todo el equipo que se utilice así como las manos deben estar limpios (Samperio, 2000).

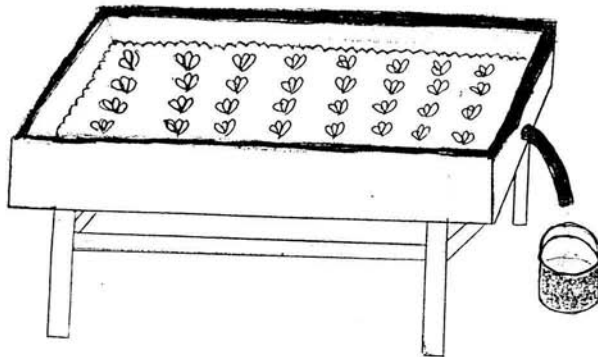


Figura No. 7 Modelo de contenedor mostrando como se recupera la solución nutritiva después de un riego.

#### 4.6.3. Solución nutritiva.

La elaboración de la solución nutritiva, es una de las partes más importantes para el desarrollo del huerto hidropónico. Se debe tener en mente, que el sustrato no proporcionará ningún nutriente, si no que le será suministrado por la solución nutritiva.

Como vimos con anterioridad las raíces de las plantas absorben iones, los cuales provienen de la disociación en el agua de las sales minerales. Estas son compuestos químicos que contienen los 13 elementos que van a nutrir a las plantas.

Los investigadores en hidroponía recomiendan hacer análisis foliares y de agua para conocer la concentración de cada nutriente y así elaborar una solución perfectamente balanceada. Así también aconsejan que cada cultivo tiene un rango óptimo de cada elemento y que no es recomendable usar una sola fórmula para varios cultivos. Sin embargo dado el tamaño y las condiciones del huerto hidropónico con el que se iniciará, se tomará una fórmula que ha sido empleada para diversos cultivos con buenos resultados.

Rodríguez (2001), formuló una solución hidropónica señalada más adelante y la cual se ocupará para este trabajo. Dicha solución fue obtenida después de varios años de investigación en la Universidad Nacional Agraria La Molina y fue realizada con el propósito de difundir la hidroponía con fines sociales.

En hidroponía es común la aplicación de dos soluciones concentradas, denominadas A Y B. La solución concentrada A contiene nitrógeno, fósforo, potasio y poco calcio; la solución concentrada B aporta magnesio, azufre, hierro, cloro, manganeso, cobre, zinc, boro y molibdeno.

La fórmula de la solución hidropónica La Molina se prepara con los siguientes fertilizantes:

##### Solución Concentrada A:

(para 5 litros de agua, volumen final)

Nitrato de potasio 13.5% N, 45% $K_2O$	550 g
Nitrato de Amonio 33% N	350 g
Superfosfato triple 45% $P_2O_5$ , 20% CaO	180 g

#### Solución Concentrada B:

(para 2 litros de agua, volumen final)

Sulfato de magnesio 16% MgO, 13% S	220 g
Quelato de hierro 6% Fe	17 g
Solución de micronutrientes	400 ml

Se pesa por separado y con cuidado los fertilizantes en las cantidades indicadas.

#### Preparación de la Solución Concentrada A:

En un recipiente graduado, remojar por 24 horas el superfosfato triple en 250 ml de agua.

Con la ayuda de un maso, se agita presionando continuamente. Verter el sobrenadante en otro recipiente. Repetir esta operación varias veces, agregando agua, hasta deshacer totalmente el fertilizante. Eliminar el residuo final (arenilla).

En otro recipiente, agregar un litro de agua y el nitrato de potasio. Agitar hasta que se diluya el fertilizante.

Echar sólo el sobrenadante (el líquido transparente) sobre la solución de superfosfato triple, cuidando que no pase el nitrato de potasio no disuelto.

Agregar más agua (500 ml aproximadamente) sobre el nitrato de potasio no disuelto y agitar. Echar nuevamente el sobrenadante sobre el superfosfato triple. Repetir esta operación hasta disolver todo el nitrato de potasio y verter sobre el superfosfato triple.

En otro recipiente, agregar 500 ml de agua aproximadamente y el nitrato de amonio. Agitar hasta que se diluya todo el fertilizante. Luego añadir al recipiente que contiene el superfosfato triple y el nitrato de potasio disueltos.

Agregar agua hasta completar un volumen de cinco litros de solución concentrada A.

Almacenar la solución concentrada A.

#### Preparación de la Solución concentrada B:

En un litro de agua agregar el sulfato de magnesio y agitar hasta que los cristales se hayan disuelto.

Agregar 400 ml (0.4L) de la solución de micronutrientes (ver preparación) y agitar.

Agregar el quelato de hierro y remover hasta disolverlo totalmente.

Agregar agua hasta completar un volumen de dos litros de solución concentrada B.

Almacenar la solución concentrada B. Para mayor duración, guardar en frasco oscuro y en un lugar fresco.

#### Preparación de la Solución Concentrada de Micronutrientes.

Pesar por separado cada una de las siguientes sales:

5.0 g de sulfato de manganeso ( $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )\*

3.0 g de ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )

1.7 g de sulfato de zinc ( $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )

1.0 g de sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )

0.2 g de molibdato de amonio ( $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ )

\*Si no se dispone de sulfato de manganeso utilizar 4.5g de cloruro de manganeso ( $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ ).

Disolver en 200 ml de agua destilada, aproximadamente, una por una las sales en el orden indicado. Llevar a un volumen final de un litro.

#### Preparación de la Solución Nutritiva.

Agitar previamente las soluciones concentradas A y B.

Para preparar un litro de solución nutritiva, añadir 5 ml de la solución concentrada A y 2 ml de la solución concentrada B en un litro de agua.

Si se desea preparar 20, 50 ó 100 litros de solución nutritiva, aplicar la misma relación. Por ejemplo, para preparar 100 litros se tomarán 500 ml de la solución concentrada A y 200 ml de la solución concentrada B.

Para regar almácigos se usa la mitad de la dosis: 2.5 ml de solución A y 1 ml de solución B por litro de agua. La mitad de dosis se aplica diariamente desde la aparición de la primera hoja verdadera durante 3 a 4 días; luego se continúa el riego con la dosis completa.

La solución preparada a partir de las soluciones concentradas A y B de la solución hidropónica La Molina, es una solución nutritiva promedio que puede ser utilizada para producir diferentes cultivos, dando muy buenos resultados en: lechuga, apio, albahaca, acelga, berro, espinaca, rabanito, fresa, pimiento, tomate, papa, betarraga, nabo, zanahoria, brócoli, menta, orégano, entre otros (Rodríguez, 2001).

Para controlar la solución nutritiva es necesario medir diariamente el pH y CE para cuidar la concentración de sales y la disponibilidad de nutrientes.

Cuidados que se deben tener con la solución nutritiva:

Al menos cada tercer día se debe ajustar el pH (Miranda 2002).

La disponibilidad de nutrientes varía de acuerdo al pH de la solución nutritiva, por eso es recomendable mantenerla dentro de un rango que va 5.5 a 6.5 en el cual los nutrientes están disponibles para la planta. Para disminuir el pH se agrega un ácido como

ácido sulfúrico, ácido fosfórico o ácido nítrico y para aumentar el pH adicionar una base o álcali como hidróxido de sodio (excepto para aguas con niveles significativos de sodio). Estos ácido y bases se utilizan diluidos y por personal debidamente adiestrado. Se sugiere el uso de un pHmetro o cinta de papel tornasol para medir y controlar este parámetro (Rodríguez, 2001).

Con el aumento de sales aumenta la conductividad eléctrica. Debe haber nutrientes en total de 1000-1500 ppm (para que la presión osmótica facilite el proceso de absorción de las raíces, registrando en esos niveles de concentración, 1.5-3.5 mMhos de conductividad eléctrica). La cantidad total de sólidos solubles (ppm ó mg/l) influye directamente en la conductividad (mMho/unidad volumen). Cuando el volumen de agua decrece se concentra la solución porque las plantas absorben más lento los nutrientes que el agua (Miranda, 2002).

Cuando el valor de la CE de la solución nutritiva está por debajo del rango óptimo, se debe adicionar más solución concentrada, para reponer lo que las plantas han consumido, de lo contrario, éstas presentarán algunas deficiencias nutricionales. Si la CE está por encima del rango óptimo, se debe adicionar sólo agua para diluir la concentración de sales (Samperio, 2000).

La vida útil de la solución de nutrientes depende principalmente del contenido de iones que no son utilizados por las plantas. La medida semanal de la conductividad eléctrica indicará el nivel de concentración de la solución. La vida media de una solución nutritiva que haya sido ajustada por medio de análisis semanales suele ser de dos meses. En caso de no efectuarse dichos análisis se recomienda un cambio total de la solución nutritiva a las 3 ó 4 semanas (Rodríguez, 2001).

#### 4.7. Manejo del cultivo.

##### 4.7.1. Tutores.

Se les llama tutores a todo aquel material que es utilizado para sostener a las plantas, y éstas permanezcan derechas para que no se quiebren las ramas y también ayudarles a sostener los frutos ( figura 8 ). El material más común utilizado en estos casos es la rafia blanca, ya que es práctica y económica (Rodríguez, R.R., 2001).

En este caso solo necesitarán tutor el chícharo, jitomate y tomate verde. La acelga, berro, cilantro y lechuga, son vegetales que no crecen mucho y por lo tanto no necesitan tutor; además de que lo que se consume de ellas son sus hojas.

Los tutores se colocan cuando se ve que el tallo principal se empieza a doblar; se acomoda la rafia alrededor del tallo y se amarra del techo. Si no hay ningún soporte adecuado para los tutores, se tendrá que hacer un tendido de pared a pared con alambre para que este sostenga los cordones de rafia (Productora Agropecuaria San Miguel, 2002).



Figura No. 8 Huerto hidropónico familiar en cajas de madera con plantas de jitomate sostenidas con tutores de rafia.



#### 4.7.2. Podas.

Para realizar cualquier corte es recomendable usar una tijera para podar con buen filo para no maltratar las plantas; la cual deberá estar limpia y deberá lavarse y desinfectarse cada vez que se use.

En el caso de la acelga, se cortarán las hojas para su consumo en la base de cada una sin dañar el tallo, así la planta permanecerá en su lugar y al cabo de 20 días aproximadamente tendrá nuevas hojas para cosechar.

En el tomate verde de cáscara debe cortarse sólo un poco de follaje a lo largo del tallo, así como hojas en mal estado.

El berro, cilantro, chícharo y lechuga no necesitan podarse a menos que tengan alguna hoja maltratada o amarilla, la cual podrá ser retirada con la tijera.

En el caso del jitomate o tomate rojo Resh (1992) recomendó que los chupones que son los pequeños brotes que crecen entre el tallo principal y los peciolo de las hojas, deben ser eliminados antes de que se desarrollen demasiado, pues tomarían parte de los nutrientes que son preciosos a los frutos. En los tomates deberán quitarse cuando alcancen una longitud de una pulgada (2.54cm), en este momento son frágiles y pueden arrancarse con los dedos sin causar daño en la zona axilar (área entre el tallo y el peciolo). Conforme las plantas maduran y se cosechan los frutos de los racimos más inferiores, las hojas más antiguas situadas en esta zona comenzarán a amarillear y morir debiendo ser eliminadas para permitir una mejor ventilación y bajar de esta forma la humedad relativa en la base de las plantas, pudiendo efectuarse esta operación en el momento en que se haya terminado la recolección de los frutos del segundo racimo, a partir de este momento se continuarán quitando las hojas que vayan amarilleando conforme maduran los racimos, cortándolas simplemente con los dedos para evitar al máximo las cicatrices, y retirándolas a continuación del huerto para eliminar cualquier infección ( figura 9 ).

Rodríguez, R.R. (2001) describió entre los tipos de poda más utilizados en el tomate rojo los mencionados a continuación:

### Poda a un tallo

Se eliminan todos los brotes axilares del tallo principal dejando solamente las hojas y racimos hasta llegar al alambre (2 m) luego se pueden elegir varias opciones:

- Despuntar
- Dejar sin despuntar y que luego cruce hasta el alambre paralelo al que pende ( figura 10).

### Poda en "horqueta" (dos tallos por planta)

Se eliminan todos los brotes excepto el que sale por debajo del primer racimo que se dejará como el segundo tallo principal. Luego se realiza la misma poda que en el anterior ( figura 11 ).

### Poda Hardy

Aunque menos utilizada consiste en despuntar el tallo principal por encima de la 2ª. ó 3ª. Hoja después de la primera inflorescencia, de los brotes que salen de las axilas de estas hojas se dejan dos tallos guías, debiendo ser hojas opuestas, luego se realiza todo igual que en los anteriores ( figura 12 ).

### Despunte

Esta labor se puede realizar en distintos momentos y se trata de la eliminación de la ultima inflorescencia o inflorescencia terminal. Según se quiera acelerar la precocidad y llenado de la fruta ( figura 13 ).

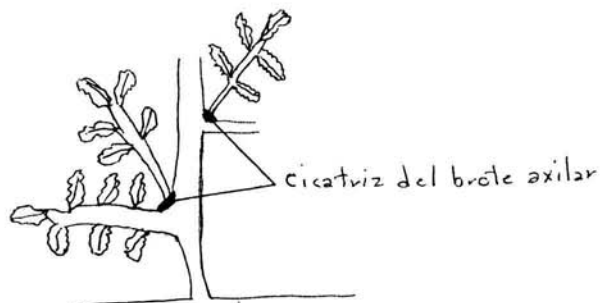


Figura No. 9 Corte de brotes en plantas de jitomate.

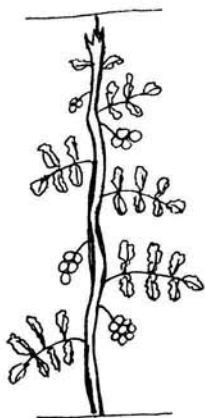


Figura No. 10 Poda de jitomate a un tallo.

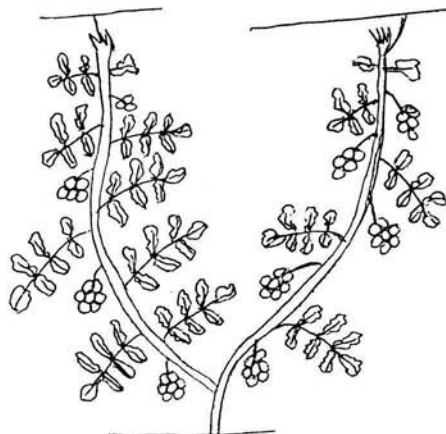


Figura No. 11 Poda de jitomate a dos tallos.

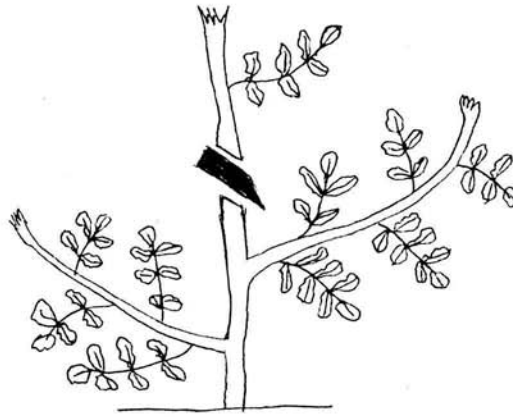


Figura No. 12 Poda Hardy en jitomate.



Figura No. 13 Despunte del jitomate.

#### 4.7.3. Plagas y enfermedades.

Los cultivos hidropónicos tienen muchas ventajas, pero esto no significa que estén libres de plagas y enfermedades. Este factor es limitante tanto para cultivos en tierra como hidropónicos. El empleo de variedades o híbridos de semillas resistentes es una garantía para la mayor eficiencia del cultivo. Al desarrollar las técnicas de cultivos hidropónicos en recintos cerrados como los invernaderos las plagas y enfermedades pueden convertirse en un verdadero problema, si no se conoce el manejo y la adecuada utilidad de ellos. Los insectos que atacan a las plántulas en semillero o recién transplantadas en tierra, son prácticamente difíciles de encontrar en los sustratos hidropónicos (Sánchez, 1995).

Para el control de plagas y enfermedades se recomienda usar un método integral, el cual comprende tratamientos físicos, biológicos, culturales y químicos, rotándolos adecuadamente buscando disminuir la contaminación del ambiente. Por ejemplo en solanáceas (jitomate, chile, etc.) se puede establecer una rotación de aplicaciones cada 8 días de ajos-leche bronca y jabón, con plásticos o platos amarillos impregnados de pegamento, así como liberación de insectos parásitos del género Crysopa para el control de la mosquita blanca (Trialeurodes vaporarium) y de otros insectos. O para disminuir el ataque de enfermedades es necesario tratar de controlar adecuadamente los riegos, humedad relativa y las temperaturas, combinándolo con la aplicación periódica de funguicidas preventivos (Miranda, 2002).

Anaya (1992) investigó diversos trabajos y concluyó que existen productos naturales derivados de plantas que se han utilizado por muchos años como insecticidas en forma de polvos, cenizas o extractos y en algunos casos han servido como base para desarrollar insecticidas organosintéticos. En relación a esto, Anaya cita a Lagunes y colaboradores en relación al uso de plantas de tabaco (*Nicotiana rustica*) para el combate de la mosquita blanca. Anaya también comentó que en el estado de Morelos, Domínguez y colaboradores evaluaron la toxicidad de los extractos de cebolla, cempasuchitl, lechuguilla y epazote, para el control de la mosquita blanca. Ellos encontraron que tanto los extractos de epazote como lechuguilla fueron los más efectivos, ya que no solo causaron una alta mortalidad de huevecillos, sino que además tuvieron una acción repelente.

El tabaco se puede aplicar elaborando un té, hirviendo 100 gr o una taza de tabaco en 4 litros de agua, luego se deja enfriar y posteriormente se aplica.

Para problemas ligeros de mosca blanca y pulgones se puede preparar una solución de jabón de pastilla que no sea detergente. Se prepara remojando un cuarto de barra de jabón en 4 litros de agua, se puede desbaratar con la mano, se cuele con un trapo y se pone en un atomizador, se recomienda rociar cuando el día sea fresco y húmedo.

La mosca blanca llamada también palomilla o mosca de los invernaderos, presenta un ciclo de vida que exige ciertas condiciones de temperatura y humedad relativa. Estas condiciones se presentan usualmente en jardines y recintos cerrados como los invernaderos. Según experiencias llevadas a cabo en condiciones de campo y en sitios confinados, la mosca blanca requiere una temperatura promedio de 18 a 34 grados centígrados

y una humedad relativa de 19 al 72%. Otra condición que favorece el establecimiento de esta plaga en los invernaderos es la baja incidencia de los vientos y las lluvias, ya que estos insectos tan pequeños y livianos, se ven seriamente afectados por estos factores climáticos. Es por esto que en jardines interiores e invernaderos la proliferación de esta plaga puede alcanzar magnitudes tan grandes que hagan muy difícil su control (Sánchez, 1995).

Uno de los factores ambientales que más incide en la propagación de enfermedades es la alta humedad atmosférica, ya que durante la noche cuando baja la temperatura se produce la condensación de agua sobre las hojas. Bajo estas condiciones las esporas o agentes de diseminación de los hongos entran en proceso de germinación atacando a la planta. Entre las enfermedades que con mayor frecuencia se presentan, se destacan las siguientes (Mendoza, 1996):

**Cenicilla (*Oidium* sp.).** Esta enfermedad se puede reconocer, inicialmente por unos pequeños puntitos blancos, o verde pálido, que se localizan de preferencia en las partes bajas de la planta (base del tallo, ramas y hojas de abajo) debido a que en esta zona la humedad ambiental es más alta. Los puntos se van desarrollando hasta juntarse entre sí, invadiendo casi completamente las partes afectadas, quedando estas cubiertas por un polvillo blanco, como una cubierta de ceniza, razón por la cual la enfermedad se conoce como cenicilla. Aunque las cenicillas son comunes y causan daños considerables en áreas húmedas, frescas o calientes, son aún más comunes y severas en lugares de clima caliente y seco.

**Moho gris (*Botrytis cinerea* Pers.).** Las plantas pueden ser afectadas en cualquier fase de su desarrollo, causa pudriciones que avanzan rápidamente, en cultivos con partes no muy suculentas ataca sus hojas, tallos y les ocasiona tizones. Sin embargo el daño frecuentemente se observa en el pedúnculo del fruto, en el cascabel (sépalos) y en fruto, donde se nota una esporulación abundante de color café o gris. *Botrytis* inverna en el suelo, el cual se desarrolla sobre restos de plantas en proceso de descomposición. Requiere de un clima húmedo y moderadamente frío (18-23° C) para que desarrolle adecuadamente. Para su control se recomienda la recolección y destrucción de las plantas o residuos vegetales infectados, la aireación del cultivo, ventilación adecuada y baja humedad.

**Tizón tardío del tomate o jitomate (*Phytophthora infestans*).** Las hojas del tomate, presentan manchas pardas irregulares y si las condiciones ambientales son húmedas, en los márgenes de la lesión en el envés se observa un algodoncillo fino blanco grisáceo. A

medida que la infección avanza, la mancha ennegrece. Varias manchas se unen para formar otras más grandes que cubren casi toda la hoja, la cual luego muere. Cuando los tallos son infectados, se pudren y mueren. El desarrollo de la enfermedad es más rápido cuando se presenta períodos frescos, lluviosos y húmedos en las mañanas, seguidos de períodos más cálidos. Para su control, se recomienda sembrar plántulas sanas o desinfectadas, emplear semilla certificada, destruir residuos y hospedantes silvestres, utilizar menor densidad de población y sembrar variedades tolerantes.

Los lugares cerrados pueden representar verdaderas cámaras húmedas que favorecen el desarrollo y proliferación de hongos. Estos requieren para su desarrollo, temperaturas que oscilan entre los 18-25 grados centígrados, y periodos invernales o de lluvias en los cuales la humedad atmosférica esté entre el 70 y el 90%. (Sánchez, 1995).

Como control natural para combatir hongos se puede emplear una cebolla molida en tres litros de agua y asperjarla sobre las plantas afectadas (Samperio, 2000).

Vázquez (2002) investigó sobre los usos que se le dan al cempasúchil (*Tagetes* spp) y encontró que es utilizado como insecticida, antifúngico y también tiene acción antibacteriana. Serrato (1998) y sus colaboradores trabajando con dos especies de cempasúchil comentaron que entre los usos actuales a nivel mundial y nacional de algunas especies de cempasúchil destaca su utilidad como nematocida, en el control de insectos, funguicida y bactericida en agricultura sostenible..

Los nematodos, que son unas lombrices muy pequeñas y delgadas, blancas o transparentes, forman unos nudos en las raíces, la planta se ve débil y seca. Para preparar un concentrado de cempasúchil se necesitan cantidades iguales de agua y hojas, se muelen en la licuadora, se cuele y se guarda en un frasco de cristal. Se necesita una cucharada del concentrado por cada medio litro de agua (Samperio, 2001). El té de cempasúchil también sirve para combatir a la mosca blanca y pulgones.

Si se decide hacer aplicaciones de productos químicos es necesario tomar en cuenta que los vegetales que se están cultivando van ha ser utilizados a corto plazo, y dichos productos requieren de un lapso de protección de 7 a 14 días para que las hortalizas puedan ser consumidas.

#### 4.7.4. Cosecha.

En sistemas hidropónicos las plantas pueden durar un buen tiempo produciendo, y las que dan una sola vez como es el caso de lechuga, berro, cilantro, el lapso de la siembra a la cosecha se acorta por lo que se puede sembrar varias veces al año, o ir sembrando cada semana y así se tendrá cosecha todo el año (Samperio, 2000).

En el Cuadro No. 1 Siembra de Hortalizas, están algunos datos que ayudarán a planificar el trabajo del huerto, ahí se puede ver el tiempo que tarda en cosecharse aproximadamente cada una de las variedades con las que se está trabajando.

En el caso del berro, cilantro y lechuga, una vez que las plantas están listas, se sacan completamente de los contenedores, se lavan y ya están listas para consumirse.

La acelga como se comentó con anterioridad, se van cortando las hojas sin sacar la planta, una vez que ésta llega a una altura conveniente. Aproximadamente en 2 meses será la primera cosecha, y después por periodos de 20 días se podrán ir cortando las hojas que vayan estando listas.

El chícharo se cosecha en forma escalonada, a medida que las vainas vayan madurando o llenando. Al recolectar hay que tener precaución para no romper las ramas pues reduciría posteriores cosechas (Van Haeff, 1982).

El jitomate y tomate verde también se cosechan en forma escalonada cuando los frutos ya estén maduros, con un intenso color rojo el jitomate y verde el tomate, se cortan con la tijera de podar cuidando no maltratar las plantas.

#### 4.7.5. Cambio de cultivo.

Después de cada ciclo una vez terminada la cosecha se recomienda desinfectar tanto el sustrato, como los bancales y en general todo el invernadero para reducir los riesgos de ataque de patógenos se puede usar algún producto comercial de cloro (con 6% de Hipoclorito de Sodio) disuelto en agua al 2% (20 l/1000 l agua) (Miranda, 2002).

Una vez que todas las plantas han sido sacadas del huerto, barrido los suelos, se deberán limpiar éstos de forma que no quede ningún resto de planta, debiendo entonces desinfectar a fondo las bancadas, el depósito de nutrientes y el medio de cultivo, según las



medidas. En los sistemas que utilizan el cultivo en grava, pueden utilizarse como desinfectantes el hipoclorito cálcico o sódico, o bien el ácido clorhídrico que se usa normalmente en las piscinas por espacio de 30 minutos, después se lava con agua fresca hasta que se esté seguro de que no queda ningún resto de cloruro que pueda dañar la plantación. Una vez que ha sido todo completamente esterilizado, el sistema está listo para el cultivo siguiente. (Resh, 1992).

## V. DISCUSIÓN.

Siendo la hidroponía un sistema de producción agrícola, que en los últimos años ha adquirido gran importancia en todo el mundo; debido principalmente a que se puede practicar en lugares que la agricultura tradicional no tiene oportunidad, es una opción para tratar de introducirla en los hogares de familias que viven en zonas metropolitanas como una actividad complementaria para la obtención de alimentos de buena calidad y adicionalmente generadora de ingresos.

Su adaptabilidad a diversas condiciones, ha hecho posible que numerosas personas la practiquen en lugares sumamente reducidos, con buenos resultados, demostrando ser una alternativa que tiene posibilidades no nada más cuando se emplea en grandes explotaciones comerciales.

La intención de elaborar un manual para la creación de un huerto hidropónico familiar en zonas metropolitanas, es con el fin de difundir la técnica y aprovechar las ventajas que ofrece la hidroponía en bien de un gran número de personas, sobre todo para los estratos más pobres de la sociedad

El manual se formuló en base a siete hortalizas, las cuales se eligieron básicamente porque son parte importante en la alimentación de la población de la ciudad de México; y otras como en el caso del berro que es nutritiva pero su consumo es muy bajo, debido principalmente a que en su cultivo se emplea agua contaminada, por lo tanto el consumo de esta verdura se ha restringido. Sin embargo al cultivarlas hidropónicamente pueden consumirse sin riesgo.

El manual proporciona una información básica para iniciarse como productor hidropónico, en donde se plantean los principales lineamientos del sistema, de la manera más clara y precisa que se pudo conseguir, para evitar dudas y confusiones en las personas que por primera vez trabajen la hidroponía.

Sin embargo hay dos factores técnicos que pueden limitar el desarrollo de los huertos familiares hidropónicos, la elaboración de la solución nutritiva, que requiere de algunos conocimientos de química y el manejo agronómico de los cultivos. Estos dos puntos se pueden resumir en uno, necesidad de asesoría.

Si la hidroponía no ha tenido mayor difusión se debe a la escasez de personal técnico que proporcione asesoría, pues hay procesos en esta técnica que se dificultan a las personas que no tienen conocimientos agrícolas y químicos.

Los costos de instalación de un huerto hidropónico no se consideran como un factor que pudiera limitar la difusión del sistema, ya que el productor puede adaptar un sin fin de instrumentos que tenga a la mano o conseguir material que desechan los comerciantes en los mercados.

Un factor que puede limitar más que ningún otro la creación de huertos familiares es la apatía, para vencer esta se tendría que concientizar primero a la población por medio de pláticas en las escuelas o asambleas de barrio, o casa por casa, para que aceptaran realizar un trabajo extra que les puede brindar muchas satisfacciones.

La creación de huertos familiares en zonas metropolitanas empleando la hidroponía, además de las ventajas de producir algunos vegetales necesarios, traería consigo la creación de fuentes de trabajo y la conciencia de cuidar los recursos naturales.

El manual puede ser el punto de partida para iniciarse como productor de hortalizas, empezando en pequeña escala poco a poco se puede aprender la técnica para ir conociendo los problemas y como resolverlos hasta que estos sean mínimos.

La técnica hidropónica tiene sus ventajas y desventajas, sin embargo con esfuerzo se puede sacar provecho de este sistema, vale la pena correr el riesgo que es mínimo, ya que a la hora de evaluar resultados, en caso de que el huerto no tuviera éxito sería poco lo que se perdería a cambio de que se podría obtener no solo los vegetales sino también aprender una actividad redituable

La hidroponía no es una panacea, no todos los problemas agrícolas y sociales se van a resolver con ella, pero sí es una alternativa que puede ser benéfica y que se debe intentar mientras haya oportunidad.

## VI. CONCLUSIONES.

El manual proporciona una base a partir de la cual desarrollar un huerto hidropónico familiar, sin embargo siempre se pueden presentar problemas que para resolver será necesario investigar en cada caso.

La elaboración del manual hidropónico conjunta información técnica y agronómica, el desconocimiento de esta puede afectar más que el de la primera al desarrollo del huerto, ya que las plantas son seres vivos que reaccionan a partir de diversos factores y muchos de ellos los conoce la persona que se inicia en el sistema hasta estar en contacto cotidiano con ellas.

Es muy probable que una familia o persona que elabore un huerto hidropónico tenga buenos resultados si toma en cuenta estas recomendaciones:

- 1) Debe tener verdadero interés, además ser observadora.
- 2) La hidroponía en sí, es una técnica sofisticada que requiere de habilidad para manejar las plantas, así como de cuidado continuo, además del conocimiento hortícola de las variedades con las que se trabaje. Conocimiento que se puede adquirir con la práctica.
- 2) En un sistema hidropónico se tiene la obligación de programar todas las actividades a realizar, para que el desarrollo de las plantas no tome desprevenido al productor y se cauce pérdida de plantas o de solución nutritiva.
- 3) Al iniciar un huerto hidropónico a nivel familiar es conveniente empezar en pequeña escala la producción de plantas, para ir conociendo su capacidad para manejar el sistema. Si se aventura a realizar inversiones antes de conocer los problemas que se pueden presentar se arriesga a perder todo lo invertido.
- 4) Los costos iniciales y de manejo del huerto deben ser lo más bajo posible, para lo cual debe trabajarse con materiales reciclados, procurando no hacer desembolsos que afecten la economía familiar.

Para difundir los huertos hidropónicos en zonas urbanas sería necesario realizar una campaña de difusión masiva para la cual el manual sería solo el punto de partida.

Practicar la hidroponía brinda a las personas muchas satisfacciones, además de obtener verduras frescas, la de ir aprendiendo poco a poco una actividad que con el tiempo se puede convertir en una fuente adicional de ingresos, y que además se puede desarrollar en la propia casa.

Los habitantes de zonas metropolitanas tienen en la hidroponía una oportunidad para desarrollar un proyecto de vida mejor, al estar en contacto con los vegetales en desarrollo comprenderán mejor a la naturaleza y aprenderán a cuidar su entorno, tratando de hacer de las ciudades lugares donde la vida sea sustentable.

## Bibliografía

- Aguilera, C.M., Martínez, E.R. 1996. Relaciones Agua Suelo Planta Atmósfera. Universidad Autónoma de Chapingo. 4ª. Ed. México.
- Alarcón, V. A.L., 1996. Los cultivos hidropónicos de hortalizas extratempranas. Forum Internacional de Horticultura y Tecnología.
- Anaya, R.S. et.al. 1992. Manejo fitosanitario de las hortalizas en México. Centro de Entomología y Acrología. Colegio de Posgraduados, Chapingo. México.
- Arano, R. Carlos. 1999. La hidroponía y otros métodos no tradicionales para un mundo sediento y hambriento. Red Hidroponía Boletín Informativo CIHNM # 2. Gral. Rodríguez, Argentina.
- Barry, C. 1997. Hidroponía: Soluciones Nutritivas. Gromag, Vol. 1, No. 2. Tomado de Boletín Informativo CIHNM Núm. 7, Abril-Junio 2000.
- Bidwell, R.G.S. 1979. Fisiología vegetal. Tr. G.G. Cano y Cano. Ed. AGT Editor. México.
- Brentlinger, D. 2002. La industria hidropónica comercial en los Estados Unidos. Red Hidroponía Boletín Informativo CIHNM # 14. Cropking Inc. EEUU.
- Calderón, F., Sánchez, S. 1995. Cultivos Hidropónicos. Vol. 1. Ed. Culturales. Bogotá, Colombia.
- Castaños, C.M. 1993. Horticultura manejo simplificado. UACH. 1ª ed. México.
- Centro de Estudios Agropecuarios. 2000. Hortalizas. Gpo. Editorial Iberoamérica. México.
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. 2001. Cultivo de Pimentón Hidropónico
- Donnan, R. 1999. La hidroponía en el mundo. Red Hidroponía Boletín Informativo CIHNM # 3. Practical Hydroponics & Greenhouses, Australia.
- Douglas, J.S. 1981. Hidroponía como cultivar sin tierra. Tr. Eloisa M. Álvarez. Ed. El Ateneo Pedro García, S.A..2ª ed. Buenos Aires, Argentina. pp. 1-5
- Durán, M.J. et. al. 2000. Los cultivos sin suelo: de la hidroponía a la aeroponía. Vida Rural No. 101. Ed. Eumedia, S.A. Madrid, España.
- Durany, C.U. 1982. Hidroponía cultivo de plantas sin tierra. Ed. Sintés, S.A. Barcelona, España.
- Enciclopedia Metódica, 1997. Ciencias de la Vida. Vol. 3. Ed. Larousse. Barcelona, España. pp. 152
- FAO. 1998. Seminario Nacional sobre hidroponía. Santiago de Chile.
- Fuentes, Y.J.L. 1999. El suelo y los fertilizantes. MAPA/Mundi-Prensa. 5ª ed. Madrid, España.

- Fox, R. 2000. Fabrica de Forrajes. Practical Hydroponics & Greenhouses No. 35. Australia.
- Fresco, Louise. 2002. Más producción agrícola con menos agua. Jornada Mundial del Agua. FAO. Comunicado de Prensa 02/33. Roma, Italia.
- Furlani, R. Pedro. 2000. Proyecto de producción de lechugas con sistema NFT. Red Hidroponía Boletín Informativo CIHNM # 6. Campinas, Brasil
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía. UNAM. 2ª.ed. México.
- Gil Vázquez, I., et.al. 2002. Sistema automatizado para la producción de jitomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) bajo condiciones de invernadero, empleando técnicas de hidropónicas y de inteligencia artificial. Agribot. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Huterwal, G.O. 1989. Hidroponía cultivo de plantas sin tierra. Ed. Albatros. Buenos Aires, Argentina. pp. 1-12
- Kimball, J.W. 1976. Biología Tr.L.E. Mora-Osejo. Ed. Fondo Educativo Interamericano. E.U.A.
- Lira, S.R. 1994. Fisiología Vegetal. Ed. Trillas. 1ª ed. México.
- Lomelí Zúñiga, H.M. 1999. Hidroponía, Ventajas y Beneficios Comerciales. Revista Agroicultura. Ed. No. 60. Jalisco, México.
- Lomelí Zúñiga, H. M. 2000. Riego por Derroche. Suplemento Tierra Fértil #30
- Marulanda, C.H. 1998. La mujer, componente fundamental del desarrollo y aprovechamiento de la hidroponía simplificada. Red Hidroponía Boletín Informativo CIHNM # 1. PNUD, El Salvador.
- Mendoza, Z.C. 1996. Enfermedades fungosas de hortalizas. UACH. México.
- Miranda, V.I., et. al. 2002. Hidroponía. Serie de publicaciones Agribot No. 2. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Orellana, L.F. 2001. Principios básicos de las soluciones nutritivas. Hidroponía, manejo de soluciones nutritivas sin suelo. Revistagricultura.com.
- Penningsfeld, F., et. al. 1983. Cultivos hidropónicos y en turba. Ed. Mundi-Prensa.Tr. J.Santos Caffarena. Madrid, España.
- Pinchuk, D., Garncarz, M., 1997. El Proceso Hidropónico. Colegio J.N. Bialik. Buenos Aires, Argentina.
- Productora Agropecuaria San Miguel, S.A. de C.V. 2002. San Miguel Cuyutlán. Jalisco, México.

- Rasch, Z. Roberto. 1998. Un método simple de germinación. Red Hidroponía Boletín Informativo CIHNM # 1. Barranquilla, Colombia.
- Rasch, Z. Roberto. 2000. Hidroponía y autoempleo. Red Hidroponía Boletín Informativo CIHNM # 8. Barranquilla, Colombia.
- Reges, R. 2000. Microcurso de Hidroponía Práctica. Centro de Estudios Ecológicos Argentino. San Andres Prov. De Buenos Aires, Argentina.
- Resh, H.M. 1992. Cultivos hidropónicos. Tr. Carmen Jaren Cevallos. Ediciones Mundi Prensa. 4ª ed. España.
- Resh, H.M. 1998. Oportunidades de la hidroponía en América Latina. Red Hidroponía Boletín Informativo CIHNM # 1. Watercress Inc. California, EEUU.
- Resh, H.M. 2000. Hidroponía en el Caribe. Red Hidroponía Boletín Informativo CIHNM # 9.
- Reyes, C.A. 1984. Hidroponía, Guía para el principiante. Corporación Hidropónica de México, S.A. de C.V. México. pp. 7-15
- Rodríguez Delfin, A. 1999. Editorial. Red Hidroponía Boletín Informativo CIHNM # 3. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Rodríguez Delfin, A., et. al. 1999. Sistema de Cultivo en Columnas. Red Hidroponía Boletín Informativo CIHNM # 4. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Rodríguez Delfin, A. 2001. La Hidroponía como generación de empleo. 2º Congreso Internacional de hidroponía en México. Toluca, México.
- Rodríguez, D.A., et. al. 2001. Manual Práctico de Hidroponía. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Universidad Nacional Agraria La Molina. 2ª. Ed. Lima, Perú.
- Rodríguez Delfin, A., et. al. 2001. Soluciones Nutritivas en Hidroponía. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral Universidad Nacional Agraria La Molina. 1ª. Ed. Lima, Perú.
- Rodríguez, R.R., et. al. 2001. Cultivo moderno del tomate. Mundi-Prensa. 2ª ed. Madrid, España.
- Ruíz-Oronoz, M. 1979. Tratado Elemental de Botánica. Ed. Eclalsa. México.
- Salisbury, F.B. 1994. Fisiología Vegetal. Gpo. Editorial Iberoamérica. Tr. V. González. 4ª ed. México.
- Samperio, G. 2000. Apuntes del curso de Hidroponía Básica. Asociación Hidropónica Mexicana. Toluca, México.
- Sánchez, C. A. M. 2000. Hidroponía y generación de empleo. Red Hidroponía Boletín Informativo CIHNM # 8. Montevideo, Uruguay.



- Sánchez del Castillo, F., Escalante Rebolledo, E.R., 1988. Hidroponía principios y métodos de cultivo. Ed. UACH. 3ª ed. México.pp. 11-16
- Sánchez, S.O. 1980. La Flora del Valle de México. Ed. Herrero. 6ª ed. Pp 147-345
- Sánchez, S.A. 1995. Cultivos Hidropónicos. Vol.4,5. Ed. Culturales. Bogota, Colombia.
- Schubert, M. 1981. Manual Práctico de Hidrocultivo. Ed. Omega. Tr. Ingeborg Trowsky. Barcelona, España.
- Serrato, C.M.A. et. al.1998. Análisis de crecimiento y evolución bajo domesticación en dos especies de cempoalxóchitl (*Tagetes erecta* y *Tagetes patula*). Revista Chapingo Vol. IV Núm. 2. México. pp 75-82.
- Urrestarazu Gavilán, M. et. al. 2000. Manual de cultivo sin suelo. Ed. Mundi Prensa. 2ª ed. Almería, España. pp. 51-52
- Van Haeff, J.N.M., et. al. 1982. Horticultura. Manual para educación agropecuaria. Ed. Trillas México.
- Vázquez, G.L.M., et. al. 2002. Cempasúchil (*Tagetes* spp.) recursos fitogenéticos ornamentales de México. Universidad Autónoma del Estado de México. 1ª ed. México.
- Welch, C.A., et. al. 1978. Ciencias Biológicas de las Moléculas al Hombre. Ed. CECSA. México.