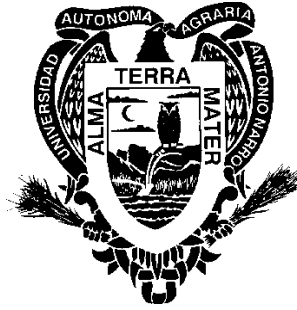


UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISION DE AGRONOMIA



**Importancia de la Técnica Hidropónica en Algunos
Cultivos Hortícolas Bajo Condiciones de Invernadero**

Por:

GABRIELA ZAMORA CORVERA

MONOGRAFIA

**Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:**

Ingeniero Agrónomo en Horticultura

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Mayo de 1998**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

**Importancia de la Técnica Hidropónica en Algunos
Cultivos Hortícolas Bajo Condiciones de Invernadero**

Por:

GABRIELA ZAMORA CORVERA

MONOGRAFIA

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador
como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

COMITÉ PARTICULAR

Ing. José Angel de la Cruz Bretón
Asesor principal

Ing. René A. de la Cruz Rodríguez
Primer Sinodal

M. C. Carlos I. Suárez Flores
Segundo Sinodal

Ing. Antonio Rodríguez Rodríguez
Suplente

M. C. Mariano Flores Dávila
Coordinador de la División de Agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Mayo de 1998

AGRADECIMIENTOS:

A Diós por darnos el existir.

Al Alma Mater por ayudar a ser profesionista.

Al Ing. José Angel de la Cruz por su asesoría para la realización de este trabajo.

Y a todas aquellas personas que me han brindado todo su apoyo y amistad, a todos ellos mil gracias.

DEDICATORIA:

A mis padres:

Sr. Pedro Zamora Martínez.

Sra. Beatriz Corvera Zavala.

Por su apoyo y confianza que siempre me han dado; por el sacrificio que han hecho para poder realizarme como persona y como profesionista y por todo su amor.
¡Gracias!.

A mis hermanos:

Margarita

María del Carmen

Pedro

Juan Manuel

José Ramiro

ÍNDICE.

Introducción.....	1
Objetivo.....	2
Revisión bibliográfica.....	2
Definición	2
Clasificación de la hidroponía.....	3
Historia y origen	3
Importancia de la hidroponía.....	10
Importancia de los invernaderos para la hidroponía.....	17
Hidroponía en México	19
Ventajas y desventajas de la técnica hidroponía	19
Componentes del sistema hidropónico	23
Elementos de la hidroponía.....	23
Especie.....	25
Oxígeno.....	26
Drenaje.....	27
Solución nutritiva.....	27
Papel de los elementos minerales.....	29
Síntomas de exceso y deficiencia de nutrientes.....	35
Preparación de las soluciones nutritivas.....	41
Nutrición mineral en cultivos hidropónicos.....	43
Fórmulas	48
Fórmulas estáticas	50
Fórmulas dinámicas	61
Fuentes de fertilizantes.....	64
Control técnico de la solución nutritiva.....	64
Calidad del agua.....	65
PH de la solución nutritiva.....	68
Control del volumen de la solución.	72
Balance de los elementos nutritivos.....	72
Proceso de absorción de los nutrientes en el suelo.....	72
Proceso de absorción de las soluciones nutritivas en cultivos hidropónicos.....	73
Sustratos.	74
Características del medio	74
Origen de sustratos	75
Tamaño de sustratos	76
Características generales	77
Físicas y químicas	77
Técnicas de cultivos hidropónicos	78
Sistema abierto.....	79
Sistema cerrado.....	79
Raíz en sólido.....	80
Raíz en líquido.....	80
NFT (Flujo laminar).....	80
Hypónico.....	80
Potes.....	81
Estanques.....	81

Raíz en gaseoso aeropónico.....	81
Cultivo en agua o hidroflo	82
Cultivo en sustratos sólidos inertes	83
Técnicas de cultivo en macetas Bentley.....	83
Técnica de la película nutritiva (Flujo Laminar)...	87
Técnica de flujo laminar (NFT)	89
Cultivo en arena	97
Cultivo en grava	98
Cultivo en aserrín.....	99
Cultivo en vermiculita.....	105
Cultivo en perlita.....	106
Cultivo en pumita.....	106
Mezclas para cultivo sin suelo.....	107
Cultivo en hortiperl.....	108
Otros sustratos no hidropónicos.....	108
Cultivo en turba.....	108
Tipos de turba.....	108
Cultivo en olote molido.....	109
Cultivo en paja de trigo.....	109
Sistema de riego	110
Nutrición hídrica.....	112
Irrigación superficial	114
Riego por goteo	114
Subirrigación	115
Irrigación por capilaridad	116
Requerimiento de la planta	116
El agua	116
La luz	117
La temperatura	118
Cultivo según el clima.....	119
Oxigenación	120
Lluvia.....	120
Viento.....	121
Humedad atmosférica.....	121
Plagas y enfermedades.....	122
Control de enfermedades.....	124
Conclusión.....	125
Glosario.....	126
Bibliografía.....	127

INTRODUCCIÓN.

La hidroponía se ha desarrollado a raíz de los descubrimientos sobre las sustancias que proporcionan el desarrollo de las plantas, que al conjugarse con el uso de invernaderos y el desarrollo de los plásticos generó un gran impulso, particularmente para el cultivo de flores y hortalizas. Los principales países impulsores de este tipo de técnicas de cultivos son: Estados Unidos, Canadá, Medio Oriente, Japón, Europa, Rusia, España, Holanda, varios países africanos, entre otros.

En México, la hidroponía se ha empezado a considerar como una alternativa tecnológica que permita a los productores tener una fuente alterna de ingresos e incluso de hacer productivo su tiempo libre participando en una empresa rentable que le permita elevar su nivel de vida e ir creciendo de acuerdo a sus necesidades y expectativas. También puede constituirse en una opción para las regiones áridas (por la falta de agua) y para aquellas en las que el suelo se encuentre muy degradado.

La hidroponía es una técnica de producción agrícola muy intensiva que se caracteriza por el abastecimiento a la planta mediante una solución nutritiva conteniendo todos los elementos necesarios para su desarrollo preparada a partir de fertilizantes comerciales y teniendo un medio de cultivo un sustrato distinto al suelo agrícola.

Por ello es importante el conocimiento de esta técnica de manera general en sus principios básicos, sus métodos de cultivo, el procedimiento para llevarla a cabo, así como sus ventajas y desventajas.

OBJETIVO.

El presente trabajo tiene como objetivo principal el que pueda ser utilizado y ayudar como una guía para poder emplear el método de cultivo hidropónico con la mayor facilidad y entendimiento posible para el lector que lo solicite y pueda mejorar su técnica de producción.

REVISIÓN BIBLIOGRAFICA.

DEFINICIÓN.

El término hidroponía se deriva de dos palabras griegas “ Hidros “ que significa agua y “ Ponos “ equivalente a trabajo, se traduce como “trabajo del agua “. (Sánchez y Escalante, 1988).

Se define como un sistema de producción en el que las raíces de las plantas se riegan con una mezcla de elementos nutritivos esenciales, disueltos en agua, en lugar del suelo, se utiliza como sustrato de preferencia un material inerte, o simplemente la misma solución. Como material inerte se utilizan: grava, arena, piedra pómez, aserrines, arcillas expansivas, carbones, cascarilla de arroz, al cual se le agrega una solución nutritiva que contiene todos los elementos esenciales necesarios para el normal crecimiento y desarrollo de la planta.

CLASIFICACIÓN DE LA HIDROPONÍA.

No existe ninguna diferencia en el funcionamiento de las plantas que crecen en un Cultivo Hidropónico y aquellas que lo hacen en la tierra. La planta, desde que comienza la germinación de la semilla, debe desarrollar sus diversos órganos (tallos, hojas, flores y frutos) y efectuar las variadas funciones de nutrición, respiración, transpiración y florecimiento.

En la tierra tanto los componentes orgánicos (humus) como inorgánicos deberán ser transformados en sales disponibles, tales como calcio, magnesio, nitrógeno, potasio, fósforo, hierro, azufre, manganeso, cobre, zinc, boro, molibdeno, cobalto, cloro: estas sales deberán disolverse con el agua presente en el suelo para poder ser absorbidas por las raíces de la planta.

La diferencia entre la solución nutritiva del suelo y la hidropónica está en la disponibilidad y cantidad de las sales absorbidas por las raíces. (Cultivos Hidropónicos, Tomo N°. 1, 1991)

HISTORIA Y ORIGEN.

El cultivo de las plantas sin tierra, se ha desarrollado a partir de los descubrimientos hechos en las experiencias llevadas a cabo para determinar que sustancias hacen crecer a las plantas y la composición de ellas. Este trabajo sobre

los constituyentes de las plantas comenzó tiempo atrás, hacia el año de 1600, no obstante, las plantas fueron cultivadas mucho antes de esto. (Resh, H.M. 1987).

El conocimiento que hoy se tiene de la hidroponía es el conocimiento del trabajo de muchos investigadores como:

Helmont Jan Van, 1600. Que mostró, que las plantas obtenían sustancias a partir del agua; plantó un tallo de sauce de poco más de 2 kg. de peso, en un tubo que contenía aproximadamente 80 kg. de suelo seco, al que se cubrió para evitar el polvo. por cinco años solo se le añadió agua. Al final del experimento la planta aumentó 64 kg mientras que el suelo solo perdió 60 gr de peso, lo cual consideró insignificante. (Sánchez y Escalante, 1988).

Woodward John, 1699. Cultivó diversos tipos de plantas, en distintas clases de agua: lluvia, río y de canalización. Encontró que el mejor aumento en el peso de las plantas tuvo lugar en agua que contenía mayor porcentaje de tierra. Su conclusión fue que “la tierra y no el agua, es la materia que constituye a los vegetales”. (Huterwal, 1978; citado por Sánchez, 1988).

D. V. Hamel, 1758. Puso a germinar semilla de varias plantas, y colocó las pequeñas plántulas en unas botellas rellenas con agua filtrada y con una solución nutritiva de baja concentración de forma que las raíces estuvieran sumergidas en la solución, y basándose en los buenos resultados del cultivo, llegó a la conclusión de que las

plantas no solamente tomaban agua, sino también otros elementos disueltos. (Citado por Lozano Moreno, 1988)

De Saussure, 1804 y Boussingault, (1851 - 1856). Mostraron que las plantas contienen bióxido de carbono, oxígeno, hidrógeno y nitrógeno. De Saussure trabajó mediante

“ cultivo en agua “ y Boussingault mediante “ cultivo en arena “ y “ cultivo en carbón “

(Citado por Sánchez , 1988).

Sacks, 1960 y Knops, (1861 - 1865). Citado por Sánchez 1988. Son los que fijaron las bases para el surgimiento de la hidroponía. Descubren que además de bióxido de carbono, oxígeno e hidrógeno, las plantas requieren de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y fierro. Publican las primeras fórmulas de soluciones nutritivas, a partir de las cuales se han desarrollado muchas más, como las de Tollens (1882), Tottingham (1914), Shive (1915), etc.

En estas primeras investigaciones en nutrición vegetal demostraron que se podía conseguir un crecimiento normal de las plantas, sumergiendo las raíces en una solución acuosa que contuviese sales de nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) los cuales se definen en la actualidad como los macronutrientes o macroelementos.

En avances en técnicas de laboratorio y química descubrieron los científicos siete elementos necesitados por las plantas en cantidades pequeñas, los

microelementos o trazas incluyendo el hierro (Fe), cloro (Cl), manganeso (Mn), boro (B), zinc (Zn), cobre (Cu) y molibdeno (Mo).

En 1925, surge un interés sobre la aplicación práctica de este cultivo, cuando la industria de los invernaderos demostró interés en su uso, debido a la necesidad de cambiar la tierra con frecuencia para evitar los problemas de estructura, fertilidad y enfermedades, como resultado los investigadores comenzaron a valorar el uso potencial del cultivo en nutrientes para remplazar los métodos de cultivo convencionales. Entre 1925 y 1935 tuvo lugar un desarrollo extensivo, modificándose las técnicas de laboratorio para el cultivo de nutrientes hacía una producción en gran escala. (Citado por Lozano Moreno, 1988).

W. F. Gericke, 1925. Tuvo la idea de llevar esta técnica hidropónica de cultivo a nivel comercial, inventando la palabra “hidroponía” en contraposición con la palabra “geoponia”.

Robbins, 1928. Citado por Sánchez 1988. Indicó después de varios trabajos, que había muchas posibilidades de usar el sistema hidropónico de cultivo en arena a escala comercial.

Withrow y Biebel, 1936. Citado por Sánchez 1988. Perfeccionaron un mecanismo automático de riego por subirrigación (de abajo hacia arriba).

En 1938 la hidroponía entró en el campo de la horticultura práctica, grandes horticultores de E.U. trabajaron con tinas hidropónicas, de las cuales una buena cantidad fracasó debido principalmente a la falta de información sobre el sistema y lo costoso de los accesorios necesarios para operar. Sánchez y Escalante 1988.

Con el paso del tiempo, el desarrollo de la hidroponía se ha venido incrementando tanto a nivel comercial, como en programas de investigación.

Tomando en consideración que en un principio la hidroponía era compleja, ahora se busca principalmente que los sistemas hidropónicos sean más baratos y fáciles de manejar por la gente no preparada en fisiología vegetal , química y sistemas hidropónicos complejos, además se pretende que los estudios abarquen diversos aspectos de nutrición vegetal. (Ernesto Arevalo Navarro, 1997).

López A. J. 1976. Menciona que los cultivos hidropónicos se caracterizan por no depender del suelo para su desarrollo, por lo cual se ha tenido que reemplazar las funciones que tiene el suelo, o sea la de proveer agua y los nutrientes requeridos por el cultivo. En todos los sistemas de hidroponía el problema de la nutrición se ha resuelto en forma similar ; los nutrientes son puestos en soluciones en las cantidades y proporciones requeridas por las diferentes plantas. Esta solución es puesta en contacto con las raíces de las plantas, las cuales pueden estar sostenidas de diferentes formas, utilizando diversos materiales inertes químicamente. En la hidroponía la ración alimenticia de las plantas es exactamente calculada y llega a las raíces sin desperdicio posible.

Durante la segunda guerra mundial , los militares continuaron utilizando los cultivos hidropónicos; el ejercito americano estableció un proyecto de 22 ha en la isla de Chofú (Japón), expandiéndose los cultivos hidropónicos en plan comercial através del mundo en los años cincuenta en países tales como Italia, España, Francia, Inglaterra, Alemania, Suecia, Rusia e Israel.

La hidroponía se encuentra en una etapa de florecimiento en países como Estados Unidos, Rusia, Canadá, México, Australia, África del Sur, Israel. Brasil, Japón, España, Italia, y Holanda, en donde la técnica ha sido modificada y adaptada a sus necesidades de producción de plantas comestibles, industriales y ornamentales, (Sholto , 1973).

Considerando también las condiciones climáticas de cada país, el cultivo hidropónico se ha extendido a otros países del mundo : Cuba, Puerto Rico, Argentina, Islas Bahamas, Francia, Alemania, Bélgica, Dinamarca, Bulgaria, Noruega, Islandia, China, Kuwait, Arabia y Tasia.

En la actualidad se considera a la hidroponía como una rama establecida de la agronomía que está en expansión.

Gracias al avance tecnológico de varias industrias de aplicación obligadas en el desarrollo de los cultivos sin tierra, se han podido dar grandes pasos; los plásticos son un claro ejemplo en la construcción de todo tipo de invernaderos y recipientes, los cuales permiten manejos controlados de temperatura, luz y solución nutritiva ; las prácticas de manejo se optimizan en cultivos bajo plásticos ya que las lluvias,

vientos, heladas plagas y enfermedades no inciden directamente sobre la planta . Los adelantos en la fabricación de bombas apropiadas , relojes, tuberías de plástico, válvulas selenoides y otros equipos han permitido automatizar por completo el sistema hidropónico, el desarrollo de plaguicidas, fertilizantes, sustratos y semillas mejoradas inciden ampliamente en la reducción de capital y costos de operación. Grandes complejos hidropónicos trabajan actualmente en Arizona, Islas canarias y del Este, Kuwait, Brasil, Polonia, Singapur, Malasia e Irán. En la región del Cáucaso existe un instituto de cultivos hidropónicos . En América del Sur ya se cuenta con áreas extensas de cultivos establecidos tanto al aire libre como bajo techo. La producción de forraje hidropónico verde (F. H. V.) ha ganado amplio espacio en la alimentación del ganado.(Cultivos hidroponicos.1991, tomo N°1).

Aunque la hidroponía es una ciencia joven , ha podido adaptarse a diferentes situaciones, desde los cultivos al aire libre y en invernadero, hasta los altamente especializados en submarinos atómicos para obtener verdura fresca para la tripulación. Al mismo tiempo es usado en países del tercer mundo para producir alimentos en áreas limitadas ; países pequeños cuya principal industria es el turismo, pueden proveerse de hortalizas con esta tecnología. Desde 1970 en Japón está ganando rápida popularidad el desarrollo de los cultivos hidropónicos ; los resultados de este método han permitido producir en solo cuatro meses, de una sola planta, 300 y 400 pepinos o melones perfumados, una col que creció a una altura de seis metros. La inversión requerida para el desarrollo de esta técnica es bastante elevada pero es compensada por la duplicación de las cosechas, de forma que en dos o tres

años queda amortizada la inversión , Japón ya dispone de unas 900 bigranjas y han exportado sistemas a África del Sur, Malasia, Arabia Saudita y otros países.

Y también gracias a las investigaciones hechas recientemente por la mayoría de los investigadores que trabajan principalmente en dos aspectos como lo son : buscar un sistema hidroponico más barato y fácil de manejar por la gente no preparada en la fisiología vegetal, química y sistemas hidropónicos complejos; así como también estudios que abarquen diversos aspectos de nutrición vegetal partiendo de estas investigaciones hechas en Inglaterra que crearon una técnica hidroponica llamada “técnica de lámina nutritiva” (TLN) cuyo principio se basa en una corriente de agua muy somera que contiene disueltos todos los elementos nutritivos, que se hacen circular por las raíces desnudas de las plantas.(Sánchez, 1983).

IMPORTANCIA DE LA HIDROPONÍA.

La importancia de la hidroponía, es que su aplicación a beneficiado a ciertos cultivos, adaptando técnicas nuevas como alternativa para satisfacer la demanda de productos agropecuarios, así como usar diferentes instalaciones, de las cuales para algunos su sistema no siempre es justificable económicamente por los gastos de inversión inicial, pero presenta varias opciones adecuadas en casi todos los casos. (López Ferreira, 1988).

El agua y la temperatura son dos de los elementos del clima que impactan más frecuentemente a las actividades agrícolas. El potencial de una planta no puede

llegar a manifestarse si la disponibilidad del agua es relativamente pequeña, si su periodo de crecimiento se ve afectado por las temperaturas bajas sobre todo que causan heladas y temperaturas altas que también provocan desorganizaciones fisiológicas. (García, P.I 1988).

Otro factor limitante para la actividad agrícola lo constituye el suelo, que puede tener problemas con salinidad, drenaje deficiente, pedregocidad, capa arable somera y la topografía que puede ayudar al fenómeno de erosión, por lo tanto, una aplicación interesante de los cultivos sin tierra es su explotación en ciertas zonas desérticas o de suelo árido y en general para todos aquellos suelos que presenten los problemas mencionados. Diversos investigadores reportan que la hidroponía es el sistema de producción agrícola más eficiente en el uso de agua y en el que se obtiene mayor productividad.

Se puede así producir, con algunos productos químicos (fertilizante y agua) legumbres frescas, las que pueden hacer agradables los menús evitando las deficiencias por avitaminosis.

El laboreo, y la fatiga debidos a una explotación intensiva quedan suprimidos. La fertilización, el riego, son reemplazados por prácticas justificables de una dosificación precisa. (Resh, H.M. 1987; citado por Arevalo, Navarro. 1997).

Las enfermedades y plagas del suelo son eliminadas, puesto que no encuentran un medio que les permita prosperar. La germinación de las malezas es

imposible y los escardeos evitados en consecuencia. (Huterwal, G.O. 1983; citado por Arevalo Navarro, 1997).

Por otro lado, el uso de un sistema hidropónico cerrado hecho a base de la técnica del ferrocemento (bancales y cisternas) implica un mejor aprovechamiento del espacio, ya que las paredes de los bancales y cisternas, presentan un espesor máximo de 3.5 cm, son impermeables y de alta resistencia, propiedad dada por la electromalla con doble tela de gallinero entretejida, además que ha demostrado ser más barata su construcción que de tabique o de mampostería.

Derivado de lo anterior, se destaca que el uso del agua es eficientado al máximo, ya que mediante el uso de un sistema de reciclado de solución nutritiva (sistema cerrado), no solo se ahorra en fertilizantes, sino que las pérdidas por lixiviación y/o escurrimiento se reducen a cero consumiendo únicamente el agua necesaria para las plantas y la que se pierde por evapotranspiración, al mismo tiempo se eliminan riesgos de contaminar el manto freático y salinizar los suelos (problema actual en el noroeste de México), siendo posible cultivar y producir bajo condiciones de temporal (suelos no aptos para la agricultura), si se aprovecha la infraestructura del invernadero para la captación del agua de lluvia, reduciendo así los aportes externos de agua.

Así con este sistema de producción, permite la obtención de rendimientos más altos en comparación con otros sistemas, por ejemplo, la producción de jitomate cultivado en suelo es de 2.5 a 6.5 kg/m²/ciclo (ésta variación se debe principalmente

al manejo y control de la nutrición del cultivo), estos rendimientos también están en función de la densidad, así en el suelo se plantan 2 a 3 plantas por m². de jitomate, comparado contra 7.4 plantas por m². cubierto, en hidroponía (en este sistema el único problema es la competencia por luz y no por nutrientes, no persisten las malezas). Además que permite un uso más intensivo ya que no son necesarias labores mecánicas de cultivo (preparación de terreno, surcado, aporques, control de malezas, etc.), como lo son, en la producción en suelo y/o a cielo abierto, y es posible mediante la desinfección del sustrato (72 horas), volver a sembrar o transplantar la misma y/u otras especies hortícolas.

Debido a las condiciones ambientales, suelo y agua de ciertas regiones de el país reduce considerablemente la producción de hortalizas. Por lo que se ha buscado una alternativa de producción agrícola rentable y segura, existe demanda de invernaderos utilizando la técnica hidropónica para incorporarse a la actividad productora agrícola, mejorando con ello, ingresos y por ende el nivel de vida. (Proyecto. Producción de jitomate en hidroponía bajo condiciones de invernadero, 1993).

Lo más importante quizás, de la técnica hidropónica es el altísimo rendimiento de los cultivos , en comparación con la siembra tradicional en tierra.

Y mencionamos algunos rendimientos de los cultivos hidropónicos en el siguiente cuadro:

Comparativo de la producción que se puede obtener según que se cultive en tierra o en hidroponía.

(en toneladas por hectárea).

Cultivo	En tierra	En hidroponía
Arroz	1.2	6
Avena	1.12	2.8
Betabel	10	30
Col	14.5	20
Chícharo	2.5	22
Frijol	12	50
Jitomate	25 30	200 a 700
Lechuga	6 a 10	23
Papa	30	150
Pepino	7 a 10	31 a 35
Soya	0.62	1.75
Trigo	0.67	4.6

(Fuente : Según Resh H.M., Hydroponic Food Production, Woodbridge Press, San Ramón, Cal., 1995; citado por Samperio Ruiz, 1997).

RENDIMIENTO COMPARATIVO HIDROPONICO VS. TRADICIONAL.				
	HIDROPONICO			TRADICIONAL
Vegetal.	Producción Cosecha.	Nº de Cosechas por año.	Redimiento Total año T/ha.	Rendimiento Total año T/ha.
Frijol	11.5	4	46.0	6.0
Repollo	57.5	3	172.5	30.0
Pepino	250.0	3	750.0	30.0
Berenjena	28.0	2	56.0	20.0
Lechuga	31.3	10	313.0	52.0
Pimentón	32.0	3	96.0	16.0

Tomate	187.5	2	375.0	100.0
Forraje	4 kg/m ² /día	8		

(Cultivos Hidroponicos, 1991, Tomo N° 1).

Como se ven en las tablas el aspecto de la producción hidropónica, ésta es muchísimo más abundante que la tradicional. Además los frutos y hortalizas procedentes de cultivos hidropónicos son de tamaño más uniforme, con una textura más consistente y una mayor calidad de los nutrientes que necesita el organismo humano.

Con esta técnica, se puede acelerar sorprendentemente el tiempo de producción, además de que durante todo el año puede cultivarse la misma variedad de plantas, sin esperar el tiempo de lluvias o de secas para cosecha.

A continuación mencionaremos algunas especies de plantas que se pueden cultivar bajo esta técnica .

Algunos de los cultivos más comunes destinados a la alimentación.

Hortalizas y Verduras	Plantas frutales	Gramíneas y Leguminosas	Tubérculos	Hierbas de olor y condimento	Otros
Acelga	Cereza	Alubia	Ajo	Acuyo	Algas
		Arroz		Anís	
Alcachofa	Ciruela	Avena	Betabel	Azafrán	Cacao
		Café			
Apio	Coco	Cebada	Camote	Hierbabuen	Forraje

				a	
		Café			
Berenjena	Frambuesa	Frijol	Cebolla	Menta	Hongos
Berro	Fresa	Haba	Nabo	Mostaza	Nopal
Brócoli	Higo	Garbanzo	Papa	Perejil	Pasto
Cacahuete	Limón	Lenteja	Rábano	Romero	Tabaco
Calabaza	Manzana	Maíz	Yuca		
Col	Melón	Soya	Zanahoria		
		Trigo			
Coliflor	Naranja				
Chayote	Papaya				
Chícharo	Pera				
Chile	Piña				
Espárrago	Sandía				
Espinaca	Uva				
Jitomate	Toronja				
Lechuga					
Pepino					
Pimiento					
Tomate					
Verdolaga					
Zanahoria					

Y en cuanto a plantas ornamentales para autoconsumo, e incluso para la venta, se puede cultivar entre otras, muchas flores y plantas decorativas.

Plantas ornamentales y de flor que se pueden cultivar por hidroponía.

Achicoria	Clavellina	Mirasol
Adelfa	Crisantemo	Mirto
Agileña	Dalia	Monedero

Ala de ángel	Flor de luz	Musgo
Alhelí	Flor de nube	Nardo
Anémona	Gardenia	No me olvides
Anthurio	Geranio	Orquídea
Ave del paraíso	Gerbera	Palma
Azucena	Girasol	Pasionaria
Begonia	Gladiolo	Pensamiento
Blanca	Helecho	Peonia
Botón de oro	Hortensia	Petunia
Caléndula	Huele de noche	Plúmbago
Camelia	Jacinto	Primavera
Campánula	Lirio	Rosa
Cineraria	Liz liz casa	Salvia
Clavel	Mastuerzo	Tragacanto
Tulipán	Violeta	

(Samperio Ruíz, 1997).

IMPORTANCIA DE LOS INVERNADEROS PARA LA HIDROPONÍA.

La implementación tecnológica llevada acabo en invernaderos cultivados bajo técnicas de hidroponía se ha traducido en elevadas producciones de cosechas de calidad. Las perspectivas de futuro de estos sistemas de cultivo son enormes debido a problemas de la horticultura intensiva tales como escasez de recursos hídricos, suelos progresivamente salinizados, contaminados. (Antonio, Alarcón).

Mediante el uso de invernaderos es posible la producción forzada de hortalizas a lo largo de todo el año, y con un diseño adecuado y/o adaptado a cada

región del país, se obtiene un excelente control de factores ambientales, tales como : temperatura, humedad relativa y luz, lo cual permite que el potencial genético de la planta se refleje en una mayor producción, al mismo tiempo que el invernadero protege a los cultivos de las heladas, granizadas e inclusive de la lluvia cuando el cultivo se encuentra en etapa fenológica crítica, como la floración y/o amarre de frutos); además con el uso de mallas mosquitero en paredes laterales del invernadero o todo su contorno, actúa como barrera física para insectos plagas y disminuye la velocidad del viento al interior del mismo (importante sobre todo, cuando estos son fuertes y tienen efecto negativo sobre el cultivo) ; por otra parte el cierre y apertura de ventanas, permite controlar la humedad relativa interior y como consecuencia reduce la incidencia y/o desarrollo de enfermedades, ya que eliminan las condiciones favorables de incubación. De tal manera, que es posible implementar un manejo más integrado de plagas y enfermedades ; para el primer caso se implementaría el uso de “bandas plásticas amarillas “ con pegamento especial, para el control de áfidos y mosquita blanca (principales plagas en cucurbitáceas y solanáceas) ; también existe la información necesaria para implementar el uso de predadores naturales para controlar insectos plagas (agentes de control biológico) ; por ejemplo, para controlar mosquita blanca se puede emplear el agente *Encarsia formosa*, predator que ya está a la venta comercial en los Estados Unidos y para algunos lepidópteros el empleo de *Bacillus thuringensis* ha demostrado ser eficaz, además se emplearían reguladores de crecimiento y/o insecticidas selectivos o específicos (por ejemplo Trigard y Pirimor) que no dañen los predadores naturales de las plagas. Esto reduce el uso de productos químicos, los cuales serán usados como último recurso ; y si eso fuera necesario, se establecerá un programa de aplicación

en base a grupos toxicológicos y persistencia de los productos, solo aquellos autorizados para uso en invernaderos y para la especie hortícola indicada, de tal forma que se evite al máximo la contaminación del ambiente y del fruto mismo, así como también, evitar la resistencia de plagas y enfermedades a estos productos químicos.

(Proyecto. Producción de jitomate en hidroponía bajo condiciones de invernadero, 1993).

HIDROPONÍA EN MÉXICO.

En México muy poca gente utiliza esta técnica, debido al poco conocimiento que se tiene de ella, junto con la falta de literatura, factores por los cuales no se ha desarrollado mucho en el país. Existen instalaciones hidropónicas en el Distrito Federal, Cuernavaca, Monterrey, Jalisco y Coahuila, donde se cultivan plantas ornamentales y algunas hortícolas (Solano, 1985; citado por García, 1988).

Hay otras empresas que están utilizando esta técnica aun a nivel experimental, sin embargo, les esta dando muy buenos resultados, tal es el caso de invernaderos en el Estado de Michoacán, Veracruz y Chiapas, dedicados fundamentalmente a la producción de flores.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA TÉCNICA HIDROPÓNICA.

El sistema de producción, a través de cultivos hidropónicos, como cualquier otro, presenta sus ventajas y desventajas.

VENTAJAS.

El incremento en productividad de las cosechas con el cultivo hidropónico frente a las normales es producido por diversos factores:

- 1.- En algunos casos, el suelo puede haber sido excepcionalmente pobre; así, el cultivo sin suelo sería en este caso muy benéfico.
- 2.- Existe un mejor control de las condiciones fitosanitarias, o sea, se elimina prácticamente la presencia de insectos, enfermedades y malezas, que en el suelo reducen considerablemente las producciones de forma natural.
- 3.- Hay una mejor eficiencia en la regularización de nutrición, ya que corregir deficiencias en el suelo nos lleva muchos días de trabajo.
- 4.- Posibilidad de empleo en regiones del mundo que carecen de tierra cultivable.
- 5.- Una utilización más eficiente del agua y fertilizantes, es decir, la fertilización y el riego, son reemplazados por prácticas justificables y una dosificación precisa (se gasta 20 veces menos que en el suelo aproximadamente). (Sánchez y Escalante, 1981; citado por Almanza, 1984 y Arevalo Navarro, 1997).
- 6.- Es posible una mayor densidad de plantación que nos conduce a la mayor productividad, puede afirmarse, en primer término, que es posible comparar los rendimientos de los cultivos hidropónicos a los rendimientos obtenidos en los cultivos ordinarios con la seguridad de superarlos.

Otras ventajas igualmente importantes son :

- 1.- Balance ideal del aire, agua y nutrientes, es posible mantener el rango óptimo requerido por los cultivos.
- 2.- Excelente drenaje.

3.- Perfecto control de pH.

4.- No se depende tanto de las condiciones meteorológicas, ya que normalmente los cultivos se protegen contra los vientos fuertes, las granizadas,

las altas y bajas temperaturas, sequías, etc.

5.- Mayor calidad del producto, consecuentemente mayor uniformidad, peso, color y limpieza sanitaria. (Sánchez y Escalante, 1981; citado por Almanza, 1984 y Arevalo Navarro, 1997).

6.- Mayor precocidad de los cultivos.

7.- Se puede cultivar repetidamente o en serie, programada la misma especie de plantas.

8.- Se puede producir varias cosechas al año, lo que nos da la posibilidad de capturar mejores mercados o abastecer a uno solo durante todo el año.

9.- Uniformidad en los cultivos.

10.- Reducción en los costos de producción, ya que la eficiencia del sistema se logra mantener año con año a bajo costo.

11.- Existe la posibilidad de una automatización casi completa.

12.- Proporciona excelentes condiciones para semillero.

13.- La recuperación de la inversión es rápida.

14.- La posibilidad de enriquecer los productos alimenticios con sustancias adicionales, tales como vitaminas o minerales. (Sánchez y Escalante, 1981; citado por Almanza, 1984 y Arevalo Navarro, 1997).

15.- El uso de materiales nativos y/o de desecho (paja de trigo, olote, aserrín).

16.- Posibilidad de usar mano de obra no calificada.

17.- Reducción en gran medida de la contaminación del medio y los riesgos de erosión.

18.- El uso de pesticida es mínimo.

19.- La dificultad técnica es mínima, ya que es fácil su aprendizaje.

20.- Casi no hay gasto en maquinaria agrícola, ya que no se requiere tractor, arado u otros implementos semejantes.

21.- Se tiene un calendario de riego a intervalos apropiados para cada cultivo.

22.- Se pueden aplicar tanto agua como fertilizantes simultáneamente de acuerdo a las necesidades del cultivo. (Sánchez y Escalante, 1981; citado por Almanza, 1984 y Arevalo Navarro, 1997).

DESVENTAJAS.

Las mayores desventajas de los cultivos hidropónicos son:

1.- Los elevados costos de capital iniciales.

2.- Algunas enfermedades como *Fusarium* y *Verticillum*, las cuales pueden extenderse rápidamente a través de este sistema, y la aparición de problemas nutricionales complejos.

Otras desventajas son:

1.- Requiere para su manejo (a nivel comercial) de conocimiento técnico combinado con la comprensión de los principios de fisiología vegetal y de química, entre otros.

2.- Se requiere cuidados con los detalles como: hacer la mezcla de la solución nutritiva en forma correcta; usar tubería y depósitos adecuados.

3.- Analizar el agua utilizada para preparar la solución.

4.- Mantener el pH de la solución en el rango requerido por el cultivo. (Sánchez y Escalante, 1981; citado por Almanza, 1984 y Arevalo Navarro, 1997).

5.- Mantener riguroso control de la solución.

6.- Requiere de eficiente sistema de aireación.

7.- Problemas de anclaje, ya que no hay ningún tipo de material que sirva de sostén por lo que puede haber acame.

8.- Es necesario conocer a fondo el manejo y el comportamiento de las especies que se cultivan.

9.- Requiere de un abastecimiento continuo de agua.

10.- Se debe proporcionar temperatura adecuada de la solución y evitar cambios bruscos de la misma.

La mayoría de estas desventajas pueden solucionarse, los costos de capital y la complejidad de trabajo de este sistema pueden ser reducidos utilizando nuevos métodos hidropónicos más simples que pueda adecuarse a las condiciones económicas del productor, así como el uso de muchas variedades resistentes a las enfermedades ya indicadas. (Sánchez y Escalante, 1981; citado por Almanza, 1984 y Arevalo Navarro, 1997).

COMPONENTES DEL SISTEMA HIDROPONICO

ELEMENTOS DE LA HIDROPONÍA.

La decisión de utilizar esta tecnología para el desarrollo de los cultivos está sujeta a la clara y precisa respuesta que el interesado dé a cada uno de elementos que componen la hidroponía.

La planta.

Sustrato.

Oxigenación

Drenaje

Solución nutritiva.

Agua

Nutrientes

Factores ambientales.

Temperatura

Lluvia

Viento

Humedad atmosférica

Luz

Plagas y enfermedades.

Uso de los invernaderos.

Especie (Planta).

La utilización de semillas y de material vegetativo de alta calidad es requisito número uno. El empleo de la tecnología para el establecimiento de los cultivos con miras a la industria exige obligatoriamente variedades de semillas o híbridos ampliamente reconocidos en lo posible con gran potencial genético; igualmente si se pretende educar o investigar y manejo de los cultivos para el suministro de alimentos de nuestros pueblos.

Si las semillas son frescas y con alto poder germinativo, tendremos una buena siembra que ayudara considerablemente a las plantas a desarrollarse bien tanto al comienzo como en la floración y fructificación. Por lo tanto un semillero compuesto con una serie de elementos destinados a brindarle a la semilla todas las condiciones necesarias para su germinación. Entre los métodos mas adecuados para realizar semilleros con destino a cultivos hidropónicos, están el de los cubos de espuma plástica, los almácigos o la siembra directa en el recipiente hidropónico.

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

La luz puede estimular o inhibir la germinación de acuerdo a la variedad de 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. (Nalejandria, 1998)

OXÍGENO.

Una importante condición para el éxito de los cultivos hidropónicos es la respiración de las raíces. Al igual que cualquier organismo formado por células vivas, necesitan oxígeno para respirar y este oxígeno les tiene que llegar desde la superficie a través de los poros abiertos del sustrato. La adecuada selección del medio de siembra optimiza el acceso del oxígeno a cada una de las raíces de la planta.

En el acceso del oxígeno juega un papel muy importante el recipiente, ya que es necesario que mantenga un buen drenaje.

La diferencia más notable con los cultivos tradicionales en el suelo, es la existencia de un recipiente que confina las raíces de la planta a un espacio limitado. Por otra parte la confinación del sistema radicular trae otras ventajas, como son un mayor aprovechamiento del agua y de los nutrientes. También podemos controlar con una precisión bastante aceptable el estado hídrico de la planta durante la noche. Mediante este control es posible reducir la humedad atmosférica que rodea la planta

y así disminuir la incidencia de enfermedades fungosas como *Phitophtora Infestans* o “gotera del tomate”. (Cultivos Hidropónicos, Tomo N°. 1, 1991)

DRENAJE.

El exceso de humedad, traducido en encharcamientos permanentes, ocasiona la muerte del sistema radicular y por ende la de la planta. El drenaje o evacuación de todo el exceso de la solución nutritiva, permite la penetración del oxígeno para la respiración y desarrollo abundante de las raíces, así como la eliminación de excedentes de sales. Los sustratos orgánicos como la cascarilla de arroz, viruta de madera, etc., requieren de un excelente drenaje, pues de lo contrario entran rápidamente en descomposición. Los sustratos minerales como: arcilla, piedra pómez, escorias de carbón, son más seguros para el suministro de oxígeno a las raíces.

SOLUCIÓN NUTRITIVA.

Es la disolución de diversos nutrimentos en el agua, con la que se riega las plantas, y cuya función es proporcionar los nutrimentos requeridos por ellas en las proporciones adecuadas. (Sánchez y Escalante, 1988).Citado por Cerón Ramos, 1993.

El agua es el principal elemento que interviene en el crecimiento. Pero la porción mayor, generalmente el 90 % de la materia seca de casi todas las plantas,

está constituida por tres elementos químicos: carbono, oxígeno e hidrógeno.(Huterwal, G.O. 1983).

Las plantas requieren cantidades relativamente altas de nitrógeno, fósforo y cantidades menores de calcio, magnesio, hierro, zinc y algunos otros elementos como potasio, azufre, manganeso ,boro , cobre, molibdeno. Existen evidencias de que el aluminio y cloro tienen marcada importancia en el crecimiento de ciertas especies vegetales. (Sánchez, 1983; citado por García, 1988).

Básicamente todos estos elementos son combustibles para hacer crecer a las plantas, son componentes necesarios para el proceso por el cuál la planta produce su propio alimento.

Para que un elemento se considere esencial para la planta, debe llevar los siguientes requerimientos :

Que la planta no pueda completar su ciclo de vida en ausencia del elemento.

- 1.- La función del elemento debe ser específica; ningún otro elemento puede substituirlo completamente.
- 2.- El elemento debe estar directamente comprometido en la nutrición de la planta, esto es, ser constituyente de un metabolito o al menos, requerido para la acción de una enzima esencial. (Gauch, 1972; citado por Solano, 1985).

- 3.- Que el síntoma de deficiencia presentado, sea corregido únicamente por el elemento en cuestión. (García, 1985). Citado por Arevalo Navarro, 1997.

PAPEL DE LOS ELEMENTOS MINERALES.

El papel de los elementos minerales en la nutrición de las plantas es de particular importancia. Para presentar una panorámica general de la influencia de los nutrientes minerales acerca de las respuestas fisiológicas de la planta, se da lo siguiente :

- 1.- Abastecen material para construcción del protoplasma celular.
- 2.- Abastecen de material para la construcción de la pared celular.
- 3.- Tienen influencia en la presión osmótica de la savia de la célula.
- 4.- Tienen influencia en la acción buffer de la savia celular.
- 5.- Tienen influencia en el grado de la hidratación del protoplasma.
- 6.- Tienen influencia en la permeabilidad de las membranas celulares.
- 7.- Reaccionan como agentes catalíticos para ciertas funciones fisiológicas (Ellis, 1951; citado por García, 1988).

El nitrógeno ayuda a estimular el crecimiento firme de la planta. Este también endurece los tallos de las plantas, y es uno de los elementos indirectamente responsables de que el follaje de la planta sea de color verde.

El potasio ayuda a la planta a resistir las enfermedades. Es uno de los componentes que ayuda a la manufacturación de azúcar y almidón. También es importante en el desarrollo de raíces fuertes y saludables.

El fósforo es parte vital de la producción de alimento dentro de la planta, impulsa el mecanismo por el cual la energía que es desprendida por los azúcares que son quemados dentro de la planta es distribuida en diferentes partes de la planta. Ayuda a la formación de raíces fuertes y resistentes a enfermedades.

Estos tres elementos son absolutamente esenciales para el crecimiento de una planta saludable. Los micronutrientes más requeridos por la planta son: hierro, manganeso, zinc, boro, molibdeno, cobre y cloro. (Hernandez Herrera N.J.P., 1981; citado por Cerón Ramos, 1993).

El calcio. Cuando la planta consume nitrógeno en exceso, forma demasiadas proteínas y produce ácidos como el oxálico, por lo que requiere una mayor cantidad de calcio, pues este elemento contrarresta la acidez.

Su ausencia eleva la producción de almidones y da lugar a que se formen hojas deformes de bordes amarillentos. Se nota cuando :

1. Mueren casi todas las raíces alimenticias.
2. La planta está muy desmembrada.
3. Muere el extremo radicular de la planta y los extremos de las hojas superiores.

El Magnesio constituye la clorofila. Una deficiencia no permite la formación de enzimas ni del pigmento clorofílico, lo que confiere a las hojas también un color amarillento. Y tiene múltiples efectos:

1. La planta aparece desmembrada.
2. Clórosis: Los nervios permanecen verdes, mientras las áreas intermedias se vuelven amarillas.
3. Las hojas se arrugan.
4. La deficiencia se manifiesta primero en las hojas inferiores de la planta.
5. Hojas pequeñas, con un peciolo corto.
6. En las últimas fases aparecen casi repentinamente zonas muertas (en un lapso de 24 hrs) entre los nervios de las hojas.
7. Retraso de la floración, con mal color de las flores. (Samperio Ruiz, 1997).

El azufre. Está presente en toda la planta e interviene en la formación de proteínas, aminoácidos, enzimas y vitaminas. Su falla limita el crecimiento de la planta. Y se nota :

- 1.- Primero en la parte superior de la planta.
- 2.- Clorosis, que difiere aquí de otros tipos porque los nervios toman un color amarillo, mientras que el resto de las hojas permanece verde.
- 3.- La planta presenta menor altura.
- 4.- En las base de las hojas aparecen manchas púrpura de tejido muerto.

El hierro. Su acción resulta definitiva para el crecimiento de las plantas (es insustituible), aunque la planta sólo consume pequeñas cantidades que se distribuyen por todo ella . Sin hierro no se produce clorofila . Es esencial, asimismo, para la formación y el desarrollo del follaje.

Su deficiencia produce debilidad en los tallos, las hojas y los frutos, cuya cáscara disminuye de grosor . Cuando falta hierro a las plantas, esto se advierte en :

- 1.- Clorosis, follaje amarillento.
- 2.- La falta aparece primero en la parte superior de la planta.
- 3.- Retraso en el crecimiento.
- 4.- En las últimas fases, las hojas cloróticas parecen quemadas, lo cual comienza en la punta y los márgenes, para extenderse posteriormente hacia el interior.

El manganeso. Distribuido con uniformidad por toda la planta, ayuda a las semillas para formar carbohidratos en la germinación. De esta manera, cuando falta el manganeso, las semillas no se producen. Este elemento activa, además, las enzimas para la fotosíntesis, complementando al nitrógeno para llevar a cabo el metabolismo y la respiración de las plantas.

Su deficiencia puede advertirse por la clorosis, color verde amarillento entre los nervios y el resto, verde oscuro. Esta deficiencia se distingue de la del magnesio en que aquí la clorosis aparece en la parte superior de la planta, mientras que en la deficiencia del manganeso aparece primero en las hojas inferiores. (Samperio Ruiz, 1997).

El boro. Aunque se use en microcantidades, es indispensable para ayudar a la fijación del nitrógeno y para que el floema (los vasos cribosos) transporte los carbohidratos. Influye en 16 funciones de la planta, entre ellas la floración, la germinación del polen y el crecimiento de los frutos. Contribuye a la fijación del calcio, aminorando la producción de azúcares.

La falta de este elemento produce la muerte de las hojas desde su base, y provoca que las células no se dividan en forma correcta.

El zinc. Permite la fijación del nitrógeno en la planta, y forma parte de sus enzimas y hormonas. En ocasiones actúa como el hierro.

Su déficit debilita en general a la planta.

El cobre. Este elemento actúa como vehículo para el oxígeno. Ayuda pues, a la respiración de las plantas y mejora algunas de sus funciones biológicas.

El carbono. Procede del anhídrido carbónico disuelto en el aire, y es la parte más importante de las sustancias orgánicas, puesto que ayuda a la producción de las células de la planta, en especial de las ramas y las partes gruesas. Es vital para la formación de carbohidratos.

El hidrógeno y el oxígeno. La planta los obtiene en su mayor parte del agua, pero también del aire. Participan en la composición de los elementos orgánicos de las plantas, capturan la energía solar y, en asociación con el carbono, propician la

formación molecular, la respiración y todos los procesos relacionados con la fotosíntesis. (Samperio Ruiz, 1997).

El molibdeno. Participa como portador de electrones en la conversión de nitrato de amonio ; fija el nitrógeno y se encuentra como impurezas en varias sales. Actúa como defensa interna de la planta : impide la fijación de las bacterias en ella y reduce la acumulación de toxinas y nitratos dentro de la anatomía vegetal. Su deficiencia dificulta que se formen las semillas.

El cloro. Interviene en la ósmosis del balance inorgánico de materiales y elementos en la fotosíntesis.

Su falta genera de tallos quebradizos y hojas marchitas.

El cobalto. Es un complemento requerido para la fijación del nitrógeno. Su deficiencia repercute en la asimilación del nitrógeno y el calcio.

El níquel. No es un elemento esencial, pero se requiere para la formación de la enzimas y la germinación. Su falta influye en la dificultad para lograr que las semillas germinen.

El sodio. Es un componente importante de las celdas de los tallos en las plantas. Ayuda a desarrollar una barrera casi mecánica contra los insectos chupadores. Permite que las hojas desarrollen una mayor tolerancia a la escasez de humedad, además de reducir la excesiva transpiración.

La deficiencia de sodio puede causar el que las flores se marchiten y propiciar la caída prematura de los frutos , incrementando la susceptibilidad de las enfermedades de la planta. (Samperio Ruiz, 1997).

Después de varios años de investigación, se ha llegado a concluir que no existe una solución teórica ideal para el cultivo en particular y que la concentración óptima de elementos nutritivos para una especie vegetal en particular depende de un conjunto de factores, entre los que destacan : la parte de la planta que se va a cosechar (raíz, tallo, hoja, flor, fruto y semilla), la estación del año, el clima, la calidad del agua y del estado de desarrollo de la planta (Sánchez, 1983; citado por García, 1988 y Cerón Ramos, 1993).

SINTOMAS DE EXCESO Y DEFICIENCIA DE NUTRIENTES.

En la hidroponía se observan los mismos síntomas de excesos y deficiencias que en el cultivo en tierra, la diferencia es que en la primera, se pueden utilizar medidas correctivas que obran sobre la planta mucho más rápidamente que en el segundo.

EFECTOS EN LOS EXCESOS DE NUTRIENTES.

NITRÓGENO. - El exceso produce blandura y debilidad de tallos y hojas, el follaje es producido rápidamente a expensas del crecimiento de la raíz, la relación del fruto

con respecto al follaje es abajo de lo normal (Gericke, 1945 ; citado por Solano, 1985 y Arevalo Navarro, 1997).

FÓSFORO.- Los síntomas son muy parecidos a los síntomas de deficiencia de nitrógeno (follaje verde claro, las hojas nuevas son relativamente pequeñas, en nervaduras y peciolo se aprecia una coloración púrpura). (Gericke, 1945 ; citado por Solano, 1985 y Arevalo Navarro, 1997).

POTASIO.- Un exceso de potasio hace que las hojas de las plantas sean más rígidas de lo normal, el follaje y los tallos viejos se hacen quebradizos, las hojas se llegan a desprender (Saunby, 1959 ; citado por Solano, 1985 y Arevalo Navarro, 1997).

CALCIO.- La absorción de calcio en forma excesiva es posible bajo condiciones culturales desfavorables, las plantas usualmente encuentran difícil aprovechar el hierro, lo que hace que el follaje sea de color clorótico (Gericke, 1945 ; citado por Solano, 1985 y Arevalo Navarro, 1997). . Normalmente suele estar asociado con un exceso de carbonato.

HIERRO.- Concentraciones tóxicas de hierro dañan a la planta debido a que reacciona con el protoplasma de sus raíces. Las puntas de las nuevas raíces se ponen de color café, pudiendo llegar a causar rompimiento completo del sistema radicular.

AZUFRE. - Existe una reducción en el crecimiento y tamaño de las hojas. Estos síntomas en las hojas a menudo son difíciles de observar. Algunas veces, las zonas entre los nervios amarillean y acaban por secarse. (Resh, H. M., 1992).

MAGNESIO.- Existen muy poca información disponible sobre los síntomas visuales.
. (Resh, H. M., 1992).

CLORO .- Quemado de los bordes y extremos de las hojas. Bronceando, amarilleo y algunas veces clorosis en las hojas, que a su vez pueden dividirse. Se reduce el tamaño de las hojas y el desarrollo general es muy bajo. (Resh, H. M., 1992).

MANGANESO.- Algunas veces aparece clorosis, existiendo una distribución irregular de la clorofila y provocándose una deficiencia en hierro (piña). Reducción en el crecimiento. (Resh, H. M., 1992).

BORO.- El amarilleo del vértice de las hojas es seguido por una necrosis progresiva de éstas desde la zona basal hasta los márgenes y vértices. (Resh, H. M., 1992).

ZINC.- El exceso de zinc produce comúnmente clorosis férricas en las plantas.
(Resh, H. M., 1992).

COBRE .- Desarrollo reducido seguido por síntomas de clorosis férrica, achaparramiento, se reduce la formación de las ramas, engrosamiento y oscurecimiento anormal de la zona de las raíces. (Resh, H. M., 1992).

MOLIBDENO.- Se observan raramente. Las hojas de tomate pueden volverse amarillo brillante; las plantas de coliflor, en su primer estado, pueden aparecer con un color púrpura brillante. (Resh, H. M., 1992).

ELEMENTOS MENORES.- Son muy tóxicos para el crecimiento de las plantas. Se ve una clorosis entre las nervaduras de las hojas, se secan los márgenes de las hojas. (Citado por Arevalo Navarro, 1997).

EFFECTOS DE LAS DEFICIENCIAS DE NUTRIENTES.

NITRÓGENO.- Los efectos se manifiestan en toda la planta ; el follaje es verde claro o amarillento, las hojas nuevas son relativamente pequeñas, en las nervaduras y peciolo pueden aparecer una pigmentación roja o purpúrea; los tallos son delgados y con muy pocas ramificaciones, las flores son más pequeñas de lo normal, las raíces tienen con frecuencia mayor desarrollo que la planta ; el aspecto general es el de una planta diminuta y mal desarrollada (Hambidge, 1941 ; citado por Solano, 1985).

FÓSFORO.- Los efectos se manifiestan en toda la planta, en el primer periodo las hojas amarillean en los márgenes, en un periodo avanzado hay muerte y caída gradual de las hojas de la parte inferior de la planta ; el follaje se observa de color verde oscuro; tanto los tallos como las hojas suelen mostrar fuerte pigmentación rojo-púrpura (Gericke, 1945; citado por Solano, 1985 y Arevalo Navarro, 1997).

POTASIO.- Los efectos se manifiestan generalmente en las hojas más viejas , generalmente con manchas necróticas cerca de la punta y de los márgenes; hoja relativamente pequeña. Las plantas son más susceptibles a plagas y enfermedades (Gericke, 1945; citado por Solano, 1985 y Arevalo Navarro, 1997).

CALCIO.- Los efectos están localizados en las hojas nuevas, la yema terminal muere, alteraciones de las hojas jóvenes en la punta y en los márgenes. Las hojas jóvenes quedan a veces retorcidas en la punta. el tamaño de la hoja puede estar notablemente reducido (Gericke, 1954 ; citado por Solano, 1985 y Arevalo Navarro, 1997).

HIERRO.- Los efectos están localizados en las hojas nuevas, la yema terminal permanece viva, las hojas muestran clorosis entre las nervaduras; estos permanecen verdes. En los casos extremos, se sacan los márgenes de las hojas y estas se caen de las ramas (Gericke, 1945; citado por Solano, 1985 y Arevalo Navarro, 1997).

BORO.- Los efectos están localizados en las hojas nuevas, la yema terminal muere, alteraciones de las hojas jóvenes en la base, tallos y peciolo quebradizo (Gericke, 1945 ; citado por Solano, 1985 y Arevalo Navarro, 1997).

MAGNESIO.- La mayoría de los efectos están localizados ; manchados con o sin puntos de tejidos secos en las hojas inferiores; muy poco o ningún secado de éstas.

Hojas moteadas o cloróticas, con un tono típicamente rojizo, así algodonosas; a veces con puntos secos, vértices o márgenes ahuecados o doblados hacia abajo, tallos tiernos. (Resh, H. M., 1992).

ZINC.- Punteado generalizado, que va aumentando rápidamente, generalmente abarca las zonas entre las nervaduras y a veces también incluye los nervios secundarios y primarios ; hojas gruesas y tallos con entrenudos muy cortos. (Resh, H. M., 1992).

COBRE .- Las yemas terminales permanecen normalmente vivas, marchitez o clorosis de las hojas más jóvenes o de las yemas con o sin moteado de tejido muerto, nervios verde claro o verde oscuro. (Resh, H. M., 1992).

Las hojas más jóvenes permanecen marchitas (efecto de blanqueado en los vértices) , sin moteado o clorosis definida; los tallos, justo por debajo de los vértices, son incapaces a menudo de permanecer erectos en estados posteriores, principalmente cuando el acortamiento es muy fuerte. (Resh, H. M., 1992).

MANGANESO.- Hojas jóvenes no marchitas, presencia de clorosis en las hojas, con o sin moteado de tejido muerto.

Moteado de tejido muerto esparcido sobre la hoja; los nervios más pequeños tienden a permanecer verdes, produciendo un efecto de reticulado. (Resh, H. M., 1992).

AZUFRE. Moteado de tejido seco o muerto, comúnmente no presente; las clorosis pueden aparecer o no en los nervios haciendo tomar a éstos un color más o menos verde.

Las hojas jóvenes presentan las nervaduras y el tejido situado entre éstas con un color verde pálido. (Resh, H. M., 1992).

HIERRO.- Hojas jóvenes cloróticas, las nervaduras principales de color verde típico, tallos cortos y tiernos. (Resh, H. M., 1992).

PREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS.

Para la preparación de las soluciones nutritivas pueden dividirse en dos pasos generales :

1.- Adición de los macroelementos.

2.- Adición de los microelementos .

(Ellis, 1958 ; citado por Solano, 1985).

Para la adición de los macroelementos se utilizan generalmente tres métodos :

1 .- Método de la solución madre. Las sales a usar se disuelven en agua para hacer una solución concentrada, esta solución se va diluyendo a medida que se vaya a emplear. (Arevalo Navarro, 1997).

También se usa para preparar soluciones madre de microelementos ya, que como estos elementos son requeridos en muy pequeñas cantidades, su pesado y preparación presentan ciertos problemas prácticos. (Citado por Cano, 1997).

Generalmente se elaboran dos soluciones madre de los microelementos, una de fierro y otra que contenga el resto de los microelementos.

En los ensayo de nutrición vegetal, se utiliza una solución madre de cada microelemento por separado.

Una manera práctica de preparar soluciones madre de micronutrientes consiste en elaborar las diez veces más concentrada, es decir pesar diez veces más la cantidad requerida de la sal para proporcionar la concentración recomendada del micronutriente requerido para disolverla.

Antes de añadir la solución madre al agua en que se va a elaborar la solución final, se debe calcular la cantidad requerida a cada una de ellas para lograr la concentración deseada de cada uno de los nutrientes.

También hay que asegurarse de que, al menos el 80 % del agua se encuentre en el depósito donde se va a elaborar la solución final. Después se van a añadir las cantidades necesarias de cada una de las soluciones madre agitando regularmente junto con cada adición. (Citado por Cano, 1997).

2.- Método Normal (sales en seco). Las sales en seco son añadidas directamente al agua. Después de que las cantidades de sales son pesadas, se añaden separadamente al agua en el depósito. (Citado por Arevalo Navarro, 1997).

Este es el método más usado para hacer la solución de los macronutrientes ; sin embargo en las instalaciones comerciales grandes se usa mucho este método para añadir los elementos menores a la solución.

Schwarz , 1975, indica los siguientes pasos para elaborar una solución nutritiva de este tipo :

- 1.- Pesar los fertilizantes.
- 2.- Llenar el depósito de la solución.
- 3.- Se ajusta el pH del agua ya sea con ácido sulfúrico o con hidróxido de potasio.
- 4.- Se espolvorea el superfosfato y/o yeso en la superficie del agua.
- 5.- Se agita la solución por un minuto.
- 6.- Se añaden los otros macroelementos.
- 7.- Se repite la agitación de la solución con cada adición.
- 8.- Se ajusta el pH.
- 9.- Se añaden los otros microelementos (previamente disueltos en la solución madre).
- 10.- Se agita la solución por ultima vez. (Citado por Cano, 1997).

3 .- Método de sales mezcladas en seco (adición). Las sales son mezcladas juntas en forma seca como un fertilizante comercial, y después son añadidas al agua. (Citado por Arevalo Navarro, 1997).

El peligro de disolver la mezcla con poca agua es que al producirse una alta concentración de sales pueden ocasionar la precipitación de los iones en los compuestos insolubles.

Para prepara este método es imprescindible no utilizar sales higroscópicas, ya que al absorber humedad de la atmósfera, además de ganar peso hacen que la mezcla adquiera una consistencia masosa y pegajosa. (Cellis, 1958; Hewitt,1966; citado por Solano, 1985 y Cano, 1997).

NUTRICIÓN MINERAL EN CULTIVO HIDROPONICO.

La racional conducción de la hidroponía implica el conocimiento no sólo de los procesos fisiológicos relativos a la absorción mineral e hídrica, sino también de otros aspectos como la respiración, la fotosíntesis y la transpiración que están estrechamente ligados con los primeros. La mayoría de explotaciones hortícolas comerciales que utilizan el cultivo hidropónico emplean sustratos más o menos inertes, que apenas aportan elementos minerales al cultivo, si exceptuamos la arena de origen calcáreo que suministra cantidades considerables de calcio y magnesio. La nutrición de la planta debe aportarse por completo a través de la solución nutritiva, lo que trae con sigo la posibilidad de un control preciso de la nutrición mineral según especie, momento fenológico, características climáticas, etc., para obtener la mayor

rentabilidad del cultivo. Ahora bien, al tratarse de sustratos inertes carecen de capacidad tampón, equivocaciones o fallos en el control de la nutrición mineral o el ajuste del pH pueden ocasionar graves perjuicios a la plantación.

La nutrición mineral de un cultivo hidropónico debe controlarse según la demanda mediante los oportunos análisis químicos, sobre todo, de la solución drenaje o la extraída del mismo sustrato. Dependiendo del análisis del agua de riego, la especie cultivada y las condiciones climáticas se elabora la solución nutritiva de partida, a partir de entonces será el propio cultivo que dicte las siguientes soluciones nutritivas a preparar.

Se mencionan a continuación a título orientativo las soluciones nutritivas iniciales para tomate, melón y pepino.

¡Error! Marcad or no definido .iones (mmole s/l)	NO₃⁻	NH₄⁺	H₂PO₄⁺	K⁺	Ca⁺²	Mg⁺²	SO₄⁻²	NA+Cl⁻
Tomate	12	0	1.5	6	5	25	2	
Melón Gamia	11	0.5	15	6	4.5	2	2	
Pepino	14	0.5	1.6	55	4.5	2.2	2	

A partir de estos valores o los adecuados según las características de la plantación se va ajustando periódicamente la solución nutritiva. Lo aconsejable es analizar al menos la solución de drenaje cada 15 días. En función de lo que la planta

vaya tomando, de las condiciones climáticas y el estado fenológico del cultivo se vuelve a ajustar los nutrientes a aportar. En la tabla siguiente se establecen las equivalencias entre la cantidad de los fertilizantes más comúnmente usados en hidroponía y los milimoles de los distintos nutrientes que aportan:

Iones (mmoles/gram o de.Fertilizante)	No₃⁻	NH₄⁺	H₂PO₄⁺	K⁺	Ca⁺²	Mg⁺²	SO₄⁻²
Ácido fosforico75%	-	-	12.26	-	-	-	-
Ácido nítrico 59%	11.86	-	-	-	-	-	-
Nitrato amónico 33.5 %	11.96	11.96	-	-	-	-	-
Nitrato calcio 15.5% N	10.29	0.78	-	-	4.74	-	-
Nitrato potásico (13-0-46)	9.29	-	-	9.29	-	-	-
Sulfato potásico (0-0-52)	-	--	-	11.04	-	-	5.93
Sulfato magnésico 16% MgO	-	-	-	-	-	3.97	3.96
Nitrato magnésico 11%N	7.86	-	-	-	-	3.90	-

Antes se vio la necesidad de mantener unos determinados niveles de drenaje (generalmente entre el 20 y el 50 %) para evitar la acumulación de iones tóxicos y un excesivo aumento de la Conductividad Eléctrica en la zona radicular.

En sustratos inertes, cuando un determinado ion se encuentra en la misma concentración en la solución nutritiva y en la de drenaje, puede suponerse que la planta ha dejado “escapar” en la misma proporción que el drenaje fijado, es decir si mantenemos un drenaje del 25 % y tenemos 12 mmoles/l de nitrato en la solución de entrada y en la de salida, el 25 % del nitrato aportado (3 mmoles por cada litro) se van con el agua de drenaje y el 75 % restante puede suponerse como absorción bruta por parte de la planta. Por esta razón los elementos tóxicos o aportados en cantidades excesivas se acumulan en la solución de drenaje respecto a la solución nutritiva, al tomar la planta proporcionalmente mas cantidad de agua que de los mismos, de la misma forma si un nutriente es absorbido proporcionalmente en mas cantidad que el agua, su concentración en la solución de drenaje disminuirá respecto a la solución nutritiva, el fijarnos en las concentraciones relativas de los distintos iones en las soluciones nutritivas y de drenaje y estimar que iones se absorben en mayor proporción, es un método sencillo para el ajuste periódico de la solución aportada. La solución debe estar equilibrada, teniendo en cuenta antagonismos y sinergismos entre los distintos iones que algunos como el calcio se absorbe de forma pasiva vía xilema hacia los órganos de mayor transpiración y apenas se retransportan vía floema, el ion amonio aportado se absorbe pero no conviene excederse ya que es una forma fitotóxica en cantidad excesiva que fomenta en demasía el desarrollo vegetativo y que puede modificar el pH de la solución del entorno radical e interacciona negativamente con otros cationes, que

con arena de origen calcáreo (mal sustrato) se producen precipitaciones de fosfatos, hierro, magnesio, etc. Y se libera calcio y magnesio, y una serie larguísima de consideraciones de carácter fisiológico que inciden directamente en la correcta nutrición del cultivo.

Los microelementos no suelen ajustarse, se suele aportar una cantidad fija de alguna mezcla comercial de ellos, reforzando individualmente alguno de los análisis o la sintomatología de la plantación lo aconsejen.

Para la preparación de la solución nutritiva se suele concentrar 100 veces, separado los fertilizantes incompatibles entre sí, y adicionándolos al 1 % al agua de riego en una cubeta de mezcla donde se ajusta el pH (normalmente aportando ácido nítrico) y la Conductividad Eléctrica es aconsejable utilizar disoluciones nutritivas de menor concentración (manteniendo el equilibrio) en verano y más concentrada en invierno, ya que siendo similares los requerimientos nutritivos de las plantas en una u otra época, durante los meses estivales la demanda hídrica es mucho mayor. (Antonio Alarcón, 1998).

FÓRMULAS.

Existe una regla de oro para manejar las fórmulas correctamente, esta regla nos dice que “la concentración de sales nunca será superior a 2.5 gramos por litro de agua “. De otro modo, a la planta le sería muy difícil absorber la solución en la que

están disueltos los nutrientes, aumentando la presión osmótica e impidiendo, por tanto, el desarrollo de las raíces.

A continuación se mencionan las fuentes donde se pueden obtener estos elementos o nutrientes, con el nombre comercial:

ELEMENTO	SAL	CARACTERÍSTICAS
Nitrógeno (generalmente se provee en hidroponía a las plantas en forma de nitratos).	Nitrato de potasio.	Es una buena fuente de nitrógeno y potasio.
	Nitrato de calcio.	Es generalmente caro y sólo se usa como reactivo para análisis. Una fuente excelente de nitrógeno y calcio.
	Nitrato de sodio.	En el mercado se conoce también como “Nitrato chileno” y se considera una buena fuente de nitrógeno.
	Nitrato de amonio.	Muy buena fuente de nitrógeno y amonio.
	Sulfato de amonio.	Provee a la solución nutritiva
	Urea.	También se considera una buena fuente de nitrógeno.
Potasio.	Nitrato de potasio.	Buena fuente de potasio y en forma suplementaria, de nitrógeno.
	Cloruro de potasio.	Buena fuente de potasio.

	Sulfato de potasio.	Además del potasio proporciona azufre. Es barato y fácil de conseguir.
Calcio.	Nitrato de calcio.	Es bastante soluble, pero difícil de conseguir.
	Superfosfato (simple y triple).	Poco soluble, proporciona una buena cantidad de calcio.
	Sulfato de calcio.	Es el yeso.
Fósforo.	Superfosfato de calcio simple.	Además de barato, contiene también calcio, azufre y otros microelementos.
	Superfosfato de calcio triple.	Además de muy buena cantidad de fósforo, tiene algunos micronutrientes.
	Fosfato monoamónico.	Contiene aparte de fósforo, nitrógeno amoniacal.
Azufre.	Sulfato de amonio, Sulfato de potasio y Superfosfato.	Son ampliamente tolerados, considerando que las pequeñas cantidades de azufre que requieren las plantas quedan cubiertas con cualquier de estas sales.
	Sulfato de magnesio.	Las sales de "Epsom". Proporcionan azufre y magnesio.
Magnesio.	Sulfato de magnesio.	Sales de "Epsom".
	Sulfato de magnesio.	Anhidro.
Hierro.	Sulfato ferroso.	Fácil de conseguir a bajo precio.
	Cloruro férrico.	Buena fuente de hierro.
	Quelatos.	Buena fuente de hierro pero difícil de conseguir.

Manganeso.	Para el uso hidropónico se utiliza como Sulfato, Quelatos o Cloruro de manganeso.	
Boro.	Ácido bórico. Bórax (Tetraborato de sodio).	
Cobre.	Cloruro de cobre. Sulfato de cobre.	
Zinc.	Sulfato de zinc. Cloruro de zinc.	
Molibdeno		Se encuentra como impureza en otros fertilizantes y sales.
Sílice.	Silicato de potasio.	Es como se consigue este microelemento en el comercio.
Níquel y Cobalto.		Estos microelementos se encuentran como trazas o impurezas en gran variedad de sales.

FÓRMULAS ESTÁTICAS.

Las fórmulas estáticas para elaborar las soluciones nutritivas son aquellas que no cambian a lo largo del proceso productivo de la planta.

A continuación se presentan algunos ejemplos de las más usuales y experimentadas en todo el mundo, de mucho tiempo atrás, obteniendo excelentes resultados.

1- Fórmula estática original de H. Hills y M.B. Davis, desde la granja experimental central de Ottawa, Ontario, Canadá (recomendada para el cultivo del crisantemo, obteniendo buenos resultados).

Para disolver en 100 litros de agua.

NOMBRE.	FÓRMULA.	CANTIDAD.
Sulfato de magnesio	MgSO ₄	123 gr
Fosfato monopotásico	KPO ₄ H ₂ O	67 gr
Cloruro de calcio	CaCl	138 gr
Nitrato de potasio	KNO ₃	150 gr
Nitrato amónico	NO ₃ (NH ₄) ₂	338 gr

2- Fórmula estática de Beckhart y Connors, estación experimental agrícola de New Jersey.

Para disolver en 200 litros de agua.

NOMBRE.	FÓRMULA.	CANTIDAD.
Sulfato de amonio	SO ₄ (NH ₄) ₂	30 gr
Fosfato de potasio	KH ₂ PO ₄	57 gr
Sulfato de magnesio	MgSO ₄ 7H ₂ O	114 gr
Nitrato de calcio	Ca(NH ₂) ₂ H ₂ O	486 gr

3- Fórmula estática recomendada por Robert Withrow, de la Universidad de Purdue.

Para disolver en 100 litros de agua.

NOMBRE.	FÓRMULA.	CANTIDAD.
Sulfato de magnesio	MgSO ₄	26 gr

Superfosfato triple	$(\text{PO}_4)_2\text{H}_4\text{Ca}$	31 gr
Nitrato de potasio	KNO_3	88 gr
Sulfato amónico	$\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$	28 gr

4- Fórmula estática del Colegio de Agricultura, de la Universidad de California.

Para disolver en 400 litros de agua.

NOMBRE.	FÓRMULA.	CANTIDAD.
Nitrato de calcio	$\text{Ca}(\text{NH}_2)_2\text{H}_2\text{O}$	90 gr
Nitrato de potasio	KNO_3	90 gr
Fosfato ácido de amonio		20 gr
Sulfato de magnesio	$\text{MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$	30 gr

5- Fórmula estática para cultivo en grava en Japón, según Douglas.

Para disolver en 1,000 litros de agua.

NOMBRE.	CANTIDAD.
Nitrato de potasio	810 gr
Nitrato de amonio	320 gr
Sulfato de magnesio (sal Epsom)	500 gr
Superfosfato simple	580 gr
Micronutrientes	Variable.

6- Fórmula estática de Israel, según Bentley.

Para disolver en 1,000 litros de agua.

¡Error! Marcador no definido.NOMBRE.	CANTIDAD.
--------------------------------------	-----------

Nitrato de sodio	700 gr
Superfosfato simple	1,000 gr
Sulfato de potasio	750 gr
Sulfato de calcio	140 gr
Sulfato de magnesio (sales Epsom)	120 gr
Sulfato de hierro	450 gr
Bórax	20 gr
Sulfato de manganeso	1 gr
Sulfato de cobre	0.1 gr
Sulfato de zinc	0.1 gr

7- Fórmula estática para invierno en Estados Unidos, según Harris (proporciona en ppm: N-104, P-63, K-410, Ca-220, Mg-50).

Para disolver en 1,000 litros de agua.

¡Error! Marcador no definido.NOMBRE.	CANTIDAD.
Nitrato de potasio	550 gr
Sulfato de potasio	500 gr
Sulfato de calcio	760 gr
Sulfato de magnesio (sales Epsom)	5200 gr
Superfosfato (simple)	310 gr
Sulfato de amonio	140 gr

8- Fórmula estática para Inglaterra, según Harris (proporciona en ppm: 200 de Nitrógeno, 88 de Fósforo, 200 de Potasio, 270 de Calcio, y 50 de Magnesio).

Para disolver en 1,000 litros de agua.

¡Error! Marcador no definido.NOMBRE.	CANTIDAD.
Nitrato de potasio	550 gr
Nitrato de sodio	640 gr
Sulfato de amonio	120 gr
Superfosfato triple	440 gr
Sulfato de magnesio (sales Epsom)	520 gr
Sulfato de calcio	860 gr
Micronutrientes	variable.

9- Fórmula estática para el cultivo de ajo y cebolla.

Para disolver en 100 litros de agua.

NOMBRE.	CANTIDAD.
Nitrato de potasio	63 gr
Fosfato de amonio	17 gr
Cloruro de calcio	90 gr
Sulfato de magnesio	45 gr
Sulfato ferroso	3 gr
Nitrato de sodio	80 gr
Sulfato de manganeso	0.5 gr
Sulfato de zinc	0.5 gr
Sulfato de cobre	0.1 gr
Ácido bórico	0.2 gr

10- Fórmula estática para frijol y girasol.

Para disolver en 100 litros de agua.

¡Error! Marcador no definido.NOMBRE.	CANTIDAD.
Nitrato de potasio	58 gr
Fosfato de amonio	15 gr
Cloruro de calcio	8 gr
Sulfato de magnesio	42 gr
Sulfato ferroso	2 gr
Nitrato de sodio	75 gr
Sulfato de magnesio	0.5 gr
Sulfato de zinc	0.1 gr
Sulfato de cobre	0.1 gr
Ácido bórico	0.1 gr

11- Fórmula estática para el cultivo de rosas.

Para disolver en 100 litros de agua.

NOMBRE.	CANTIDAD.
Nitrato de potasio	77 gr
Fosfato de amonio	13 gr
Cloruro de calcio	63 gr
Sulfato de magnesio	34 gr
Sulfato ferroso	1.6 gr
Nitrato de sodio	54 gr
Sulfato de manganeso	0.3 gr
Sulfato de cobre	0.05 gr
Ácido bórico	0.2 gr

12- Fórmula estática para fresas y fresones.

Para disolver en 100 litros de agua.

NOMBRE.	CANTIDAD.
Nitrato de potasio	58 gr
Fosfato de amonio	15 gr
Cloruro de calcio	84 gr
Sulfato de magnesio	42 gr
Sulfato ferroso	2 gr
Nitrato de sodio	75 gr
Sulfato de manganeso	0.5 gr
Sulfato de zinc	0.01 gr
Sulfato de cobre	0.02 gr
Ácido bórico	0.2 gr

13- Fórmula estática para el tomate y el pepino.

Para disolver en 100 litros de agua.

¡Error! Marcador no definido.NOMBRE.	CANTIDAD.
Nitrato de potasio	64 gr
Fosfato de amonio	13 gr
Cloruro de calcio	73 gr
Sulfato de magnesio	34 gr
Sulfato ferroso	2 gr
Nitrato de sodio	64 gr
Sulfato de zinc	0.02 gr
Sulfato de cobre	0.2 gr
Ácido bórico	0.01 gr

14- Fórmulas estáticas para dalias, crisantemos y otras flores de buen volumen y con abundancia de pétalos.

Para disolver en 100 litros de agua.

¡Error! Marcador no definido. NOMBRE.	CANTIDAD.
Nitrato de calcio	50 gr
Nitrato de potasio	50 gr
Fosfato de amonio	25 gr
Sulfato de magnesio	17 gr
Sulfato férrico	1 gr
Ácido bórico	0.1 gr

15- Fórmula estática para cultivar hongos (entre las especies más recomendables están las del género Agaricus).

Para disolver en 100 litros de agua.

NOMBRE.	CANTIDAD.
Nitrato de potasio	80 gr
Nitrato de sodio	110 gr
Sulfato de magnesio	40 gr
Fosfato de amonio	25 gr

16- Fórmula básica del Dr. Gericke.

NOMBRE.	FORMULA.	CANTIDAD.
Nitrato de potasio	KNO_3	18.144 Kg
Nitrato de calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	3.175 Kg
Fosfato monocálcico	$\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2$	4.536 Kg
Sulfato de magnesio	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	4.536 Kg

Ácido sulfúrico	H ₂ SO ₄	1.42 litros.
Sulfato de hierro	FeSO ₄ .7H ₂ O	0.456 Kg
Sulfato de manganeso	MnSO ₄ .4H ₂ O	70.875 gr
Ácido bórico	H ₂ BO ₃	56.7 gr
Sulfato de zinc	SO ₄ .7H ₂ O	28.35 gr
Sulfato de cobre	CuSO ₄ .5H ₂ O	18.9 gr

Se mezclan los nitratos y los sulfatos por separado, después se juntan las dos mezclas haciéndolo al aire libre debido a que suelta vapores nitrosos por lo que hay que cuidarse de no inhalarlos. 0.454 kg. De esta pasta se utiliza para 125 galones (473,163). En la actualidad se sigue utilizando esta fórmula para muchos cultivos.

17- Fórmula No. 2 de Bentley, para tomate: para ser usado la segunda y tercera semana después de plantado cada vez que la planta necesite agua.

<i>NOMBRE</i>	<i>CANTIDAD</i>
Fosfato diamónico	1,587.6 gr
Nitrato de calcio	5,443.2 gr
Sulfato de potasio	1,814.4 gr
Sulfato de magnesio	907.2 gr
Borax	28.2 gr
Quelato de fierro Geigy Sequestrene 138	453.6 gr

Disolver las sales de acuerdo a como esta ordenado las primeras cinco. Disolver completamente antes de añadir la siguiente sal, ajustar el pH a 6.2 – 6.5 antes de añadir la sal Quelato.

18- Fórmula No. 3 de Bentley, para invierno. Usarse del 1° de octubre al 31 de Marzo. Fórmula para usarse a partir de la cuarta semana hasta el final del cultivo. Siempre que la planta necesite agua usar la solución todo el tiempo excepto el 1er. Día de la semana en el que se inundará con agua limpia.

Fórmula para 1000 galones.

NOMBRE.	CANTIDAD.
Fosfato diamónico	567.0 gr
Nitrato de calcio	4,536.0 gr
Sulfato de potasio	2,721.6 gr
Sulfato de magnesio	1,814.4 gr
Borax	28.4 gr
Quelatos de magnesio Geigy	56.7 gr
Hierro quelatado Geigy Sequestrene 138	453.6 gr

Mezclar las primeras cinco sales, dejarlo por la noche, ajustar pH por la mañana a 6.2 – 6.5 y añadir las sales restantes. Puede ser usado para todas las hortalizas, excepto pepino y melón, las cuales requieren más alto contenido de nitrógeno.

19- Fórmula No 3 de Bentley, para verano. Usarse de 1° de Abril al 30 de Septiembre. Fórmula para usarse a partir de la cuarta semana hasta el final del

cultivo, siempre que la planta necesite agua. Usar la solución todo el tiempo excepto el 1er. día de la semana en que se inundará la cama con agua limpia.

Fórmula para 1000 galones.

NOMBRE.	CANTIDAD.
Fosfato diamónico	567.0 gr
Nitrato de calcio	5,443.2 gr
Sulfato de amonio	453.6 gr
Urea	226.8 gr
Sulfato de potasio	1,814.4 gr
Sulfato de magnesio	1,814.4 gr
Borax	28.4 gr
Quelato de magnesio Geigy	56.7 gr
Hierro quelatado Geigy Sequestrene 138	453.6 gr

Mezclar las primeras siete sales, dejarlo por la noche, ajustar pH en la mañana a 6.2 –6.5 añadir las últimas dos sales. Puede ser usado por todas las hortalizas, excepto pepino y melón las cuales requiere más alto contenido de nitrógeno.

20- Fórmula No 3. De Bentley, para climas tropicales y subtropicales. Para usarse todo el año donde las temperaturas raramente descienden debajo de los 60 °F (15.6 °C). Fórmula para usarse a partir de la cuarta semana hasta el final del cultivo

siempre que la planta necesite agua, usar la solución todo el tiempo excepto el primer día de la semana en que se inundará la cama con agua limpia.

Fórmula para 1000 galones.

NOMBRE.	CANTIDAD.
Nitrato de calcio.	4,536.0 gr
Sulfato de potasio	1,814.4 gr
Sulfato de magnesio	1,814.4 gr
Borax	28.4 gr
Sulfato de amonio	567.0 gr
Urea	226.8 gr
Quelato de magnesio Geigy	56.7 gr
Hierro quelatado Geigy Sequestrene 138	453.6 gr

Mezclar las primeras siete sales, dejar por la noche, ajustar pH en la mañana a 6.2 – 6.5 y añadir las ultimas dos sales. Puede usarse para todas las hortalizas excepto pepino y melón las cuales requieren más alto contenido de nitrógeno.

FÓRMULAS DINÁMICAS.

Las fórmulas dinámicas para la elaboración de una solución nutritiva, son aquellas que cambian la proporción de varios nutrientes a lo largo del proceso productivo de la planta, para reforzar las funciones en sus distintos periodos.

1- Fórmula general para la germinación prematura y el fortalecimiento de la planta en su periodo de crecimiento.

Para disolver en 100 litros de agua.

NOMBRE	FÓRMULA	CANTIDAD
Nitrato de calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	90 gr
Sulfato de magnesio	MgSO_4	30 gr
Fosfato monopotásico	KH_2PO_4	20 gr
Nitrato de potasio	KNO_3	35 gr
Sulfato de potasio	K_2SO_4	15 gr
Sulfato de hierro	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	10 gr
Sulfato de manganeso	$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1 gr
Ácido bórico	H_2BO_3	0.5 gr
Sulfato de zinc	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.5 gr
Sulfato de cobre	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.5 gr

2. - Fórmula general para el periodo del crecimiento, hasta el principio de la floración.

Para disolver en 100 litros de agua.

NOMBRE	FÓRMULA	CANTIDAD
Nitrato de potasio	KNO_3	110 gr
Cloruro de calcio	$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	70 gr
Sulfato de magnesio	$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	50 gr
Nitrato de sodio	NaNO_3	100 gr

Cloruro de amonio	$(\text{NH}_4)\text{Cl}$	15 gr
Fosfato cálcico	$\text{Ca}(\text{PO}_3)$	30 gr
Sulfato de cobre	$\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$	1 gr
Sulfato de zinc	$\text{ZnSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.5 gr
Ácido bórico	H_2BO_3	0.5 gr
Sulfato ferroso	$\text{FeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$	15 gr

3. - Fórmula general para la conservación y aumento de la floración, así como para lograr una mejor consistencia y preservación de los frutos.

Para disolver en 100 litros de agua.

NOMBRE	FÓRMULA	CANTIDAD
Nitrato de sodio	$\text{Na}(\text{NO}_3)$	100 gr
Cloruro de calcio	$\text{CaCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$	150 gr
Nitrato de potasio	KNO_3	75 gr
Sulfato de magnesio	$\text{MgSO}_4\cdot 4\text{H}_2\text{O}$	50 gr
Cloruro de amonio	$(\text{NH}_4)\text{Cl}$	20 gr
Sulfato de cobre	$\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$	1 gr
Sulfato férrico	$\text{FeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$	15 gr
Fosfato cálcico	$\text{Ca}(\text{PO}_3)$	7 gr
Sulfato de zinc	$\text{ZnSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$	1 gr
sulfato de manganeso	$\text{MnSO}_4\cdot 4\text{H}_2\text{O}$	5 gr

(Samperio Ruiz, 1997)

Para alcanzar un alto rendimiento y una correcta calidad deberán variarse las soluciones nutritivas, según las correspondientes necesidades.

Para especies en el cual el fruto es lo que se comercializa el nitrógeno debe hallarse a concentraciones bajas (80 – 90 ppm) la producción útil constituida por las hojas el nitrógeno deberá estar en concentraciones de 140 ppm; especies que utilicen la raíz el potasio será mas elevado en concentración de 300 ppm, para la lechuga, concentraciones relativamente bajas de potasio 150 ppm, favorece el cierre de los cogollos y así resulta más pesado. (Citado por Solano Moreno, 1988).

Fuentes de fertilizantes.

Las fuentes más comunes y baratas de los elementos esenciales son los fertilizantes comerciales. Sólo cuando se hacen trabajos de nutrición vegetal o como fuente de algunos micronutrientes es que se justifica el uso de los reactivos analíticos que, por su elevado precio, no se recomienda en la hidroponía comercial o a nivel de huerta familiar. (Sánchez, 1983; citado por García, 1988).

CONTROL TÉCNICO DE LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS:

Como se ha mencionado, las plantas crecen razonablemente bien dentro de rangos más o menos amplios de variación con respecto a los elementos esenciales sin embargo para asegurar los resultados satisfactorios, se hace necesario el controlar ciertos factores técnicos relacionados con las soluciones nutritivas.

Dentro de los factores que se deben tomar en cuenta se mencionan la calidad de del agua, pH de la solución, control del volumen de la solución y del balance de los elementos nutritivos.

CALIDAD DEL AGUA.

CARACTERÍSTICAS.

La calidad del agua es de gran importancia en los cultivos hidropónicos. El agua con un contenido de cloruro sódico de 50 ppm aún mayor no es aconsejable para poder obtener un desarrollo óptimo de las plantas. Conforme al contenido en cloruro sódico se va elevando, el desarrollo o crecimiento de las plantas va disminuyendo, muriendo, por último, las plantas cuando se alcanzan estos niveles en dicho cloruro. Además del contenido en cloruro sódico, deberán considerarse a la vez la cantidad total de solutos que se encuentran disueltos en la solución de nutrientes. La dureza del agua es una medida del contenido en ion carbonato (HCO_3^-). Como antes ya se ha mencionado, conforme aumenta la dureza (pH incrementa), ciertos iones, como, por ejemplo, el hierro, quedan bloqueados. En particular, las aguas subterráneas que yacen en extractos calcáreos y de piedra dolomítica pueden

contener altos niveles de carbonato cálcico y magnésico, los cuales a veces pueden ser mayores que los niveles normales que se usan en la solución de nutrientes.

Las aguas duras contienen sales de calcio y magnesio. Normalmente, dichas aguas tienen niveles aceptables para ser utilizadas en el cultivo hidropónico, pues tanto el calcio como el magnesio son elementos esenciales en la preparación de los nutrientes, y , ordinariamente, en la cantidad de ellos que se encuentran presente en las aguas duras es mucho menor que las que suelen usarse en dichas soluciones. La mayoría de las aguas duras contienen el calcio y el magnesio como carbonatos o sulfatos. Mientras que el ion sulfato es un nutriente esencial, el carbonato no lo es; no obstante, en bajas concentraciones, el carbonato no daña las plantas. Antes de utilizar cualquier tipo de agua es necesario efectuar un análisis de ésta, al menos para ver su contenido de calcio, magnesio, hierro, carbonato, sulfato y cloruro. Si está siendo planeado un cultivo hidropónico comercial, el agua que se utilizará deberá analizarse en relación con todos los elementos, tanto los considerados mayores como los menores. Una vez que el nivel de cada uno de los iones a sido determinado deberemos añadir a la solución de nutrientes la diferencia que corresponda a la cantidad que deberá utilizarse de cada uno de ellos. Por ejemplo, en muchos casos, la concentración de magnesio en los pozos de agua potable es tan alta que no es necesario añadir dicho elemento a la solución de nutrientes.

Normalmente, las sales disueltas se van acumulando en el agua que se esta utilizando, al ir añadiendo a ésta el agua que contiene la solución de nutrientes; así pues, es necesario cambiar dicha agua de forma periódica para evitar este exceso y

poder disponer siempre de los niveles óptimos de nutrientes para el crecimiento de las plantas. (Resh, H.M., 1992).

Hay seis tipos de agua , los cuales pueden ser utilizados, y están dados en el orden de preferencia en el cual deberían ser usados:

- * Agua de lluvia.
- * Agua de río o presa.
- * Agua de manantial o de pozo.
- * Agua de la ciudad.

Agua destilada y agua evaporada de mar se puede usar pero es muy cara conseguirla (Ellis, 1958; Gauch, 1972; Hewitt, 1966; Citados por solano, 1985).

Las aguas provenientes de fuentes naturales se les debe practicar un análisis químico (sobre todo a un nivel comercial o experimental) con el objeto de detectar posibles problemas nutricionales.

Si los sólidos totales presentes en el agua sobrepasan las 300 ppm, ésta no debe usarse en la hidroponía a menos que un experimento demuestre lo contrario.

Con menos de 300 ppm, de sólidos totales, el agua puede usarse en hidroponía, tomando en cuenta los siguientes pasos :

- 1) Que el agua no tenga un contenido superior a 500 ppm, de preferencia que no sobrepase las 250 ppm.

- 2) Que el agua pueda resultar “dura” es decir con altos contenidos de sales de calcio y/o magnesio y que se debe corregir la solución en consecuencia.
- 3) Que en casos excepcionales, se pueden presentar metales pesados sulfuro o cloruro libre en cantidades tóxicas para las plantas.

En resumen cuando se pretende iniciar una instalación hidroponica comercial se debe checar periódicamente, se debe hacer un análisis químico del agua que se baya a usar como fuente y que contemple cuando menos :

- Sólidos totales.
- Cloruros, si los sólidos totales exceden a 500 ppm.
- Dureza, si es alta debe analizarse para calcio y magnesio.
- Metales pesados, como son los sulfatos y el cloro libre sólo cuando se sospeche.

Para la adición de los microelementos, las sales usadas para suministrar los elementos necesarios son disueltos en agua, que usualmente la solubilidad de estas sales son tales que permiten la preparación de una solución madre concentrada completamente (Ellis, 1958; Hewitt, 1966, citado por Solano 1985).

PH DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA.

Uno de los factores más importantes en los cultivos hidropónicos, es de mantener la debida acidez o alcalinidad en la solución nutritiva a veces el fracaso es

debido a este factor. El término empleado para expresar el grado de acidez o alcalinidad de una solución es el pH, la mayoría de las soluciones nutritivas eficientes tienen valores de pH entre 5 y 6 , y estos límites están asociados con el crecimiento saludable de muchas plantas. Daños a la raíz y depresión en la toma de nutrientes particularmente de calcio y potasio, pueden ocurrir a valores de pH bajo, especialmente a pH de 4 ó menos (Islam, 1980 ; citado por Solano, 1985).

Por lo tanto, para sus uso general tanto en unidades pequeñas como en unidades comerciales, se recomienda un valor de pH de 6 a 6.5 , para reacciones neutras o ligeramente alcalinas suelen inmovilizarse el fósforo, hierro, boro y manganeso, lo cual suele dar motivo a las carencias correspondientes. (Lees, P. 1983).

Algunas técnicas más comúnmente usadas para estabilizar el pH de una solución son :

- 1) Uso de sulfato de amonio.
- 2) Ajustar el nivel de fosfato.
- 3) Adición de ácidos y álcalis.

Cuando la solución llega a ser demasiado alcalina se añade ácido sulfúrico para reducirla hasta su propio nivel. Algunos recomiendan ácido nítrico, lo cual es satisfactorio; pero el ácido sulfúrico es más deseable para su uso. Cuando la solución nutritiva llega a ser demasiado ácida, se recomienda usar hidróxido de potasio (Citado por Cerón Ramos, 1993).

Otros dos factores que son bastante importantes:

- * Apropiaada acidificación del agua.
- * Apropiaada selección de la solución nutritiva.

(Hewitt, 1966 ; citado por Solano, 1985).

En lo referente al pH, nivel de fosfatos y fierro, toma importancia si el nivel de fosfatos es elevado, ya que ocurre la precipitación excesiva de elementos menores, principalmente fierro. Esto es principalmente cierto en soluciones desvalanceadas, las cuales tienden a la alcalinidad rápidamente, por lo que si se tiene un balance adecuado entre los iones ácidos y alcalinos en conjunción con un nivel de fosfatos lo suficientemente elevada para ejercer una acción amortiguadora a los cambios de pH, el problema puede no ser tan serio. (Sánchez y Escalante, 1988).

Para medir el pH del agua o de la solución nutritiva se puede usar los siguientes métodos :

Papel indicador. El pH se determina mediante la comparación del color que toma el papel al introducir en la solución y si el papel toma una coloración azul no es ácido y si el papel toma una coloración roja si esta ácida la solución es el método más sencillo y más fácil utilizado en hidroponía.

Soluciones indicadoras. Son sustancias que añadidas a una muestra de solución, indican su pH en la función del color que toma comparándolo también con un catálogo colorímetro usado como testigo.

Determinación electrométrica. Se efectúa mediante aparatos especiales con electrodos, esto requiere de mucha precisión en la medición.

Para estabilizar el pH se utilizan diferentes procedimientos que son :

1) Adición de ácidos o álcalis. Se usa ácido sulfúrico o fosfórico en pequeñas cantidades, para acidificarla e hidróxido de potasio o de sodio para alcalinizarla.

2) Ajustes del nivel de fosfatos. Un exceso de fosfatos puede ocasionar precipitaciones de fierro, magnesio, calcio, manganeso.

3) Uso de sulfato de amonio. Las plantas absorben más rápidamente el radical amonio que el sulfato, el cual es el ion que favorece la acidez contrarrestando, de éste modo la tendencia de la solución a la alcalinidad provocada por la rápida absorción de nitratos (principalmente) que deja una acumulación residual de iones alcalinizantes.

Sin embargo no siempre es satisfactorio debido a que las concentraciones de amonio en la solución pueden ocasionar problemas de intoxicación en las plantas bajo ciertas condiciones ambientales.

Es conveniente ajustar el pH del agua antes de preparar la solución e inclusive durante el proceso de preparación, para favorecer una mejor disolución de las sales.(Valadez, L.A., 1996; Gómez, P.P., 1975).

De igual manera se sugiere determinar el pH periódicamente y corregirlo en consecuencia(cada cuatro a ocho días dependiendo del método de cultivo hidroponico que se elija). Se ha demostrado que la adición del fosfato de amonio agregado a la solución le ayuda a estabilizar su acidez y las plantas absorben el ion amonio más rápidamente que el ion sulfato, siendo este un ion ácido así es como se incrementa la acidez en la solución nutritiva.

CONTROL DEL VOLUMEN DE LA SOLUCIÓN.

El fenómeno de la evapotranspiración ocasiona que las plantas tomen proporcionalmente, mucho más agua que elementos nutritivos, de tal manera que, cuando se recircula la solución nutritiva después de cada irrigación al ir descendiendo el volumen de la solución, ésta se va haciendo cada vez más concentrada. De esta resulta un incremento progresivo en la presión osmótica de la solución y también del pH. (Burg, A. 1983)

BALANCE DE LOS ELEMENTOS NUTRITIVOS.

La solución nutritiva se formula con base en lo que necesitan las plantas y en lo que son capaces de absorber.

El desbalance en la concentración de los elementos esenciales, en las relaciones de unos con otros y la preparación de las soluciones nutritivas.

PROCESO DE ABSORCIÓN DE LOS NUTRIENTES EN EL SUELO.

Las raicillas encargadas de absorber la solución nutritiva deben penetrar en el suelo; una vez en él, deben expandirse para actuar sobre las partículas de tierra, romperlas, diluir y transformar las sustancias nutritivas encontradas dentro del terreno y absorber la solución la solución obtenida, para incorporarla al tejido vegetal. En el proceso de asimilación, las raicillas absorbentes deben competir con todos los seres orgánicos e inorgánicos presentes en su camino hacia las partículas de suelo.

PROCESO DE ABSORCIÓN DE LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS EN LOS CULTIVOS HIDROPÓNICOS.

Las raíces de las plantas son humedecidas con una solución nutritiva que contienen las mismas sales disponibles para las plantas cultivadas en tierra.

La diferencia entre una y otra forma de cultivar, está en el tiempo, calidad y trabajo de absorción de la solución nutritiva por las raíces.

Los elementos presentes en la solución nutritiva son iguales en uno u otro sistema de cultivo hidropónico, pero el tipo de medio escogido para la ubicación de las raíces, determina una clasificación de la hidroponía: raíz en sólido, raíz en líquido, raíz en gaseoso.

SUSTRATOS.

Un medio de cultivo sin suelo, tal como el agua, arena, grava, aserrín, turba, piedra pómez o vermiculita, puede suministrar el oxígeno, agua, nutrientes y soporte para raíces de las plantas también como lo hace el mismo suelo. La solución de nutrientes aportará agua, nutrientes e incluso un oxígeno suplementario.

CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO.

La capacidad de retención del agua por un medio se determina a partir del tamaño de sus retículas, de su forma y de la porosidad. El agua se retiene en la superficie de las partículas y también en el espacio formado por los poros; mientras más pequeñas sean las partículas estarán mas cerca situadas unas de otras y, por tanto, mayor será el espacio de los poros y su superficie, y de aquí que mayor cantidad de agua pueda ser almacenada por éstas. Las partículas con forma regular tiene una mayor superficie que aquellas que son lisas y redondas y , por tanto, poseen un mayor poder de retención para el agua. El material poroso puede almacenar agua en las mismas partículas; así pues, es muy alto su poder de retención de ésta. Es importante el tener en cuenta que el medio no solamente deberá ser capaz de poseer una buena retención para el agua, sino que también debe poseer un buen drenaje; según esto, deberemos evitar los materiales excesivamente finos , para así prevenirnos de una retención excesiva de agua y de una falta de movimiento del oxígeno dentro del medio.

El medio deberá ser suficientemente duro en orden a poder durar bastante tiempo. Los agregados muy blandos que puedan desintegrarse fácilmente deberán evitarse ya que pierden rápidamente su estructura y el tamaño de sus partículas va disminuyendo, lo cual trae como resultado una compactación que produce una pobre aireación de las raíces. Así pues, los agregados de origen granítico serán los mejores especialmente aquellos que tienen un alto contenido de cuarzo, calcita y feldespatos. Si va instalarse un sistema de cultivo hidropónico, deberemos evitar las partículas que tengan bordes muy agudos pues el viento al moverlas, puede causar daños en los tallos de las plantas y en la corona de la raíz siendo esto motivo no

solamente de daños, sino como una puerta de entrada para muchos parásitos de las plantas. Si nos vemos obligados a utilizar un medio relativamente cortante, las primeras dos pulgadas de la superficie de este medio deberán consistir en otro medio más suave, de forma que la parte donde la mayoría de las plantas efectúan su desarrollo éste protegida de la erosión.

ORIGEN DE SUSTRATOS

Los materiales que sirven de sustrato para el cultivo sin tierra pueden ser de origen diverso :

a) Orgánicos, como la cáscara de arroz, la viruta y el aserrín de madera, la cascara de coco, etc. Estos sustratos orgánicos no se recomiendan para el cultivo hidropónico, ya que no son duraderos y, al degradarse, pueden obstruir el paso de la solución nutritiva o del oxígeno. Además, pueden contaminar con facilidad al pudrirse, desarrollando hongos o lama.

b) Naturales. Entre los más utilizados destacan la grava, arena, tezontle, piedra pómez carbón mineral, piedra volcánica (como el basalto), perlita, vermiculita, ladrillo triturado o la lana de roca; ésta es una combinación de roca basáltica y roca calcárea fundidas y puestas en un disco giratorio para obtener sólidos fibrosos, que son el sustrato.

c) Sintéticos. También sirven para sustrato el hule espuma, “el tecnosport” y los pelets o esponjas de polipropileno (trozos de plástico), poliuretano, poliestireno, polietileno, etc.

TAMAÑO DE LOS SUSTRATOS

El tamaño de las partículas o los agregados para el cultivo determina el espacio que queda entre una y otra, y constituye el espacio poroso; es decir, el lugar no ocupado por las partículas.

Este espacio puede ser de dos tipos: cuando los poros o espacios son muy pequeños, se denominan poros capilares; y a los segundos, por constituir espacios más grandes se les llama macroporos. Los espacios capilares son los que retienen la humedad; mientras que los macroporos, al vaciarse al final de periodo de riego, permiten la aireación de las raíces y, por tanto, su oxigenación.

De esta manera, el tamaño de las partículas del sustrato permite que haya un equilibrio entre el contenido de agua y de aire. Por lo tanto, el tamaño del agregado es la clave para el correcto funcionamiento hídrico y aéreo del sustrato.

Tamaño de los sustratos
1.0 mm.
2.0 mm.
5.0 mm.
1.0 mm.
2.0 mm.
3.0 mm.

(Samperio Ruiz, 1997).

CARACTERÍSTICAS GENERALES.

Físicas.

Son aptos como sustratos aquellos materiales que a causa de su granulometría y estabilidad estructural ofrecen la posibilidad de una aireación elevada.

Se debe procurar, en las zonas de las raíces una proporción de 30 % de materiales y un 70 % de espacio vacío, el cual será ocupado a partes iguales por agua y aire, (Alpi, 1975 ; citado por Solano, 1985).

La capacidad de retención de agua del sustrato, cuanto más elevada es la capacidad de retención, menos frecuentes deben ser los riegos. La capacidad hídrica referida al volumen del depósito y la frecuencia de los riegos (Penningsfeld, 1975 ; citado por Solano, 1985).

Químicas.

El sustrato no debe reaccionar con la solución nutritiva, ni absorber, ni solubilizarse aún parcialmente, puesto que esto alteraría a la solución nutritiva, o sea, el sustrato deberá ser químicamente inactivo (Alpi, 1975 ; citado por Solano, 1985).

En la producción de cultivos hidropónicos, se utilizan cuatro materiales que funcionan como sustratos, estos son : arena , perlita , vermiculita , y aserrín (Sánchez y Escalante, 1988).

Otros sustratos diferentes a los anteriores son : grava , turba , pumita y espumas sintéticas (Resh, H.M. 1987).

TÉCNICAS DE CULTIVOS HIDROPÓNICOS.

Se distinguen tres tipos de cultivos hidropónicos :

1) Cultivos en soluciones nutritivas (medio exclusivamente líquido o hidroflo) ; los que están en sustratos sólidos inertes y porosos, embebidos de una solución nutritiva y la aeroponía (Almanza, G.J.R. 1984 ; Sánchez y Escalante, 1988).

Desde el punto de vista comercial los diferentes tipos son practicables, no se puede decir cual sea el mejor, puesto que cada uno presenta ventajas y desventajas, pero normalmente la selección de alguno en particular estará gobernada por las condiciones climáticas, disponibilidad de los aparatos y limitaciones económicas.

SISTEMA ABIERTO.

Es aquel en el cual la solución nutritiva que se le aplica a las plantas es justamente la necesaria y el drenaje no es reutilizado. La cantidad que drena se hace la mínima, aplicándole a la planta solamente lo necesario para el consumo diario, evitando así el desperdicio de nutrientes.

SISTEMA CERRADO.

En éste la solución nutritiva circula a través del cultivo y va a parar a un tanque desde el cual puede ser reutilizada.

En este caso se debe de utilizar una composición cuidadosamente formulada con el fin de evitar desbalances nutricionales. Esta solución puede ser utilizada indefinidamente siempre y cuando se reponga el agua y los nutrientes que vayan consumiendo las plantas. (Cultivos Hidropónicos, Tomo N°. 1, 1991)

Dentro de estos dos grupos hay tantos sistemas como diseños de las variables de cultivo empleadas: sistema de riego (goteo, subirrigación, circulación de la solución nutriente, tuberías de exudación, contenedores estancos de solución nutritiva, etc.); sustrato empleado (agua, materiales inertes, mezclas con materiales orgánicos, etc.); tipo de aplicación fertilizante (disuelto en la solución nutritiva, empleo de fertilizantes de liberación lenta aplicados al sustrato, sustratos enriquecidos, etc.); disposición del cultivo (superficial, sacos verticales o inclinados, en bandejas situadas en diferentes planos, etc.); recipientes del sustrato (contenedores individuales o múltiples, sacos plásticos preparados, etc.).

A nivel mundial los sistemas cerrados son los mas extendidos, mientras que nuestro país la practica total de las explotaciones comerciales son sistemas abiertos y que adoptan el riego por goteo (generalmente con una pipeta por planta), sin recirculación de la solución nutritiva dadas las condiciones generales de calidad de agua de riego y la exigencia de nivel técnico que tienen los sistemas cerrados. (Alarcón Vera, 1998).

Raíz en Sólido. En esta modalidad de cultivo las raíces se ubican en un medio sólido como arena, gravilla, escoria de carbón, ladrillo molido, arcilla expandida, vermiculita, lana de roca, etc. Este sistema de cultivo es el más empleado en el tercer mundo; es así como en algunos lugares se usan la piedra pómez(lugares volcánicos), escoria de carbón (regiones industriales), la cascarilla de arroz (lugares agrícolas), los distintos clases de arena (zonas urbanas).

Raíz en líquido. La raíz desnuda, aparece sumergida en un medio líquido que contiene los nutrientes necesarios para la planta; dentro de esta modalidad se cuenta con varios sistemas entre ellos:

N.F.T. Técnica de cultivo en flujo laminar donde las raíces extendidas sobre canales reciben láminas delgadas de agua con nutrientes varias veces al día.

Hypónico. En el cual a cada planta se le provee una bandeja gigante, para un amplio desarrollo de las raíces. La solución suministrada esta en continuo

movimiento y la cantidad de elementos nutrientes estrictamente controlados uno a uno.

Potes. Las raíces sumergidas en un medio nutritivo contenido en un pote o recipiente alcanzan su desarrollo hasta el espacio permitido por el recipiente.

Estanques. Las plantas flotan soportadas en un material liviano sobre los recipientes de poca profundidad.

Raíz en gaseoso (Aeropónico): Las raíces de las plantas se encuentran suspendidas y son alimentadas por la solución nutritiva en forma de neblina.

Sea cual sea la modalidad a emplear, ésta debe ser analizada teniendo en cuenta: Disponibilidad de medios o sustratos, cantidades de agua, costos de montaje, especies a cultivar, disponibilidad de mano de obra, objetivo propuesto, etc.

En el tercer mundo, las modalidades más utilizadas han sido las de la hidroponía en sólido y líquido, este último empleando el sistema NFT. Los estanques y los pots se han utilizado a nivel experimental y el sistema aeropónico han sido utilizados a nivel didáctico y recreativo. (Cultivos Hidropónicos, Tomo N°. 1, 1991)

La discusión del cultivo orgánico e inorgánico puede clasificarse a través de un estudio de cómo toman las plantas los elementos. En 1932, en Munich Alemania, se introdujo el concepto de apoplasto –symplasto. Sugirió que el agua y los iones minerales se mueven dentro de las raíces de las plantas a través de una interconexión de las paredes de las células y también de los espacios intercelulares, incluyendo los elementos de xilema, a los cuales llamó el apoplasto. O bien, a través

del sistema de interconexión del protoplasma (excluyendo las vacuolas), el cual denominó symplasto. No obstante la absorción esta regulada por la capa de células endodérmicas que se encuentran alrededor de lo que podría llamarse cuerpo de la raíz, el cual constituye una barrera que evita el movimiento libre del agua y de los solutos a través de la célula. Existe una capa cérea, la capa de Casparian, alrededor de cada una de las células endodérmicas, la cual asila la parte interior de la raíz, de las regiones epidérmicas exteriores y corticales, en las cuales el agua y los diversos minerales pueden moverse con relativa libertad.

CULTIVO EN AGUA O HIDROFLO.

El cultivo en agua en un sentido estricto, implica el crecimiento de vegetales teniendo las raíces sumergidas en una solución acuosa nutritiva constantemente . Para utilizar este método, se requiere de tanques o recipientes que pueden ser de cualquier tamaño, en la parte superior se coloca una tela metálica que servirá para soporte de las plantas (Gericke, 1945; citado por Solano, 1985).

La técnica consiste en desarrollar desde su nacimiento hasta su producción, flores, frutos hortalizas y plantas medicinales. Permaneciendo y desarrollándose las raíces en una solución acuosa de nutrientes, en concentraciones adecuadas (cultivo en agua, propiamente dicho); o bien en aire saturado de agua pulverizada, empleando para la irrigación de las raíces la pulverización de una solución llamada

niebla nutriente (cultivo aeropónico), que contienen los elementos nutritivos.
(Samperio Ruiz, 1997.)

CULTIVOS EN SUSTRATOS SÓLIDOS INERTES.

Dentro de este tipo de producción , se encuentran los sistemas en bancadas, y todos aquellos cultivos que pueden establecerse en el sistema vertical como en tubo , módulos , cultivo en columna y cultivo en sacos (Resh, 1987).

Siendo importante mencionar que para cada uno de los sistemas mencionados, es posible utilizar cualquier tipo de sustrato.

En esta técnica, las semillas germinan, crecen y se desarrollan hasta su producción, en un medio inerte (“agregado”) que es regado con una solución nutritiva.

En esta técnica existe un sustrato que puede ser de origen vegetal (turba, virutas menudas, aserrín, etc.) o de origen mineral o plástico (arena, grava, fibracel, etc.). (Samperio Ruiz, 1997).

TÉCNICA DE CULTIVO DE MACETAS DE BENTLEY.

Esta técnica de cultivo hidropónico desarrollada por el Dr. Maxwell Bentley, se publicó por primera vez en 1974, en su libro Hydroponics Plus, y responde a la idea de implementar métodos más baratos, pero igualmente eficientes de cultivo hidropónico.

En vez de tinas se utilizan macetas de polietileno negro y grueso, rellenas con un sustrato especial, en donde crecen plantas (generalmente grandes como tomates o pepinos).

Las bolsas se sostienen por ladrillos huecos de hormigón, cuyas cavidades también se rellenan con sustrato permitiendo el crecimiento de plantas más pequeñas.

El sustrato que Bentley propone , es una mezcla homogénea de los siguientes materiales :

Vermiculita	1.6 M ³
Arena de río lavada o limpia	0.8 M ³
Carbón vegetal de 3 a 6 mm	0.4 M ³

A esta mezcla se le agregan en seco y se le mezclan extendiendo los siguientes fertilizantes :

Yeso	7 kg
Superfosfato simple	2 kg

Finalmente se le añaden a la mezcla disueltos en 60 litros de agua, los siguientes fertilizantes :

Nitrato de potasio	2 kg
--------------------	------

Sulfato de magnesio (sal de Epson)	453 gr.
Quelatos de hierro	57 gr.
Bórax	28 gr.

Esta mezcla es suficiente para llenar 100 bolsas de polietileno de 30 cm de diámetro por 45 cm de alto.

El llenado se efectúa de la siguiente manera :

a) Se hacen perforaciones pequeñas (como de 3 mm de diámetro), en la parte inferior de las bolsas para que pueda drenar libremente la solución.

b) El borde superior de la bolsa (boca) se dobla hacia afuera unos 5 cm para darle más tensión a ésta.

c) Se llena la bolsa con una capa aproximadamente de 10 cm de grava en la parte inferior y una capa de aproximadamente 27 a 28 cm de la mezcla propuesta por Bentley o de algún otro tipo de agregado (v.g. de arena con vermiculita o perlita con vermiculita).

El sistema de irrigación es parecido al riego por goteo, sólo que en lugar de goteros tiene boquillas que rocían la solución nutritiva a la superficie del agregado, a intervalos regulares de tiempo, durante el cual, el reloj acciona el interruptor que prende y apaga la bomba.

Un diseño basado en este método, fue probado con notable éxito por el Sr. Felipe Sánchez Román Bartó (físico matemático dedicado por placer a la agricultura) en una instalación hidropónica comercial ubicada en Alpuyeca, Morelos (citado por López Ferreira, 1988).

TÉCNICA DE LA PELÍCULA NUTRITIVA (Flujo Laminar).

También con la idea de reducir costos de instalación en los cultivos hidropónicos ha surgido una serie de diseños en los que se pretende no construir tinas impermeables ni gastar sustrato, ya que son dos de los factores que más encarecen los sistemas de producción en hidroponía.

La técnica de la película nutritiva (nutrient filetechnique) comprende a una serie de diseños cuyo principio básico es la continua circulación de una película muy delgada de solución nutritiva a través de la raíces de las plantas. Las tinas son substituidas por tubos de polietileno negro dobladas de manera especial, por zanjas forradas y recubiertas con polietileno negro o por canalitos hechos con polietileno negro engrapado adecuadamente. La solución puede hacerse circular directamente por el polietileno o bien a través de mangueras perforadas de PVC (o material similar) que atraviesan longitudinalmente el ducto de polietileno.

Los canalitos donde van colocadas las macetas son de polietileno 500 (0.127 mm) y pueden ser bastante largos (hasta unos 30 mts.). El suelo donde se coloquen los canalitos no debe presentar ondulaciones, pero sí pendientes mayores de 1 en 100 para evitar cualquier inundación.

Las plantas deben de llevar algún tipo de soporte, el cual se tiene que prever desde el diseño.

La bomba hace circular la solución hasta el tubo distribuidor (que mide generalmente 2.5 cm de diámetro), el cual está a unos 5 cm por encima de los canalitos y lleva pequeñas perforaciones a intervalos regulares para depositar la solución en ellos. Como la caída es al aire libre se puede checar el flujo de solución, además de que se contribuye a la aireación.

La película de la solución al circular por el canalito va irrigando la parte inferior de las raíces hasta que, finalmente, cae de regreso al depósito.

Se deben realizar análisis químicos periódicos a la solución para ir sustituyendo las sales que se le van agotando. También se puede renovar periódicamente (cada 8 o 15 días).

Esta técnica está en constante evolución y permite desarrollar la inventiva personal para crear nuevos y mejores diseños.

La instalación es tan ligera, que se puede utilizar ventajosamente en las azoteas de casas y edificios de las grandes ciudades (citado por López Ferreira, 1988).

TÉCNICA DE FLUJO LAMINAR (NFT).

Originalmente las plantas fueron cultivadas con sus raíces en soluciones nutritivas que circulaban entre dos láminas de polietileno. Tubulares planos con pequeños huecos colocados a intervalos aparecieron como algo muy conveniente y barato para obtener el flujo laminar de solución; pero pronto aparecieron las dificultades. Con la transformación de los tubulares planos en canales abiertos, se mejoró la aireación y el sistema ganó confiabilidad tanto entre los cultivadores como entre los investigadores.

El NFT tienen muchas ventajas sobre otros sistemas de cultivo. En particular, permite controlar el ambiente radicular, usando modernos métodos automáticos. El riego se simplifica bastante y no es necesario realizar estimativos diarios del consumo de agua y la tarea de destapar boquillas de riego obstruidas se elimina.

Se asegura un suministro uniforme de nutrientes y la concentración de los mismos puede ser ajustada a las necesidades variables del cultivo. La temperatura

de la raíz puede ser elevada si se requiere y los químicos apropiados para la protección del cultivo pueden ser dispensados uniformemente en bajas concentraciones a través del sistema cuando sea necesario.

Los cultivos están separados del suelo y de todos sus problemas de enfermedades, salinidad, mala estructura y drenaje. Los costos y el tiempo consumido en esterilizaciones son eliminados y se puede lograr una rápida rotación de cultivos.

El sistema básico del NFT, permite tratarlo como una nueva alternativa para el cultivo bajo invernadero de lechugas, fresas y productos tropicales, incluso berenjenas y melones. Especies coníferas también han sido tratadas con esta técnica.

Los principales componentes del sistema son los siguientes

- Tanque que contienen la solución de nutrientes.
 - Bomba que lleva la solución a la parte superior de los canales.
 - Canales paralelos en los cuales crecen los cultivo, colocados en una pendiente del 1 % al 6 % para que fluya la solución nutritiva.
 - Un colector central, al cual descargan los canales y que conduce la solución nuevamente al tanque.
 - Sistemas de control y monitoreo para mantener las concentraciones de nutrientes (salinidad), pH y niveles de agua.
- (figura)

Las partes de que consta el sistema son las siguientes:

- Controlador de pH.
- Controlador de temperatura.
- Controlador de salinidad.
- Bombas de solución.

- Suministro de soluciones.
- Aireador.
- Sensores de pH, temperatura y conductividad eléctrica.
- Suministro de agua.
- Calefacción.
- Bombas de circulación.
- Válvula de control de agua caliente.
- Cubo de lana de roca.
- Recubrimiento del canal.
- Lámina capilar.
- Aislamiento.
- Canal metálico

Canales.

Varias formas de canales están actualmente en uso, que van desde aquéllas de plástico hechas de "in situ", hasta las mas sofisticadas y prefabricadas.

En muchos viveros se han usado polietileno negro y blanco de calibre 4 a 6, en anchos de 650 a 700 mm, para tomates. El polietileno más grueso da una mejor superficie para un reparto más uniforme de la solución, mientras que los materiales más delgados son más baratos, y se usan en forma desechable.

Las láminas de polietileno se colocan en posición, con el lado negro hacia arriba, sobre el terreno previamente preparado; los lados se doblan hacia arriba y se cosen entre sí para formar un canal de sección triangular en el cual van las plantas.

El ancho de la base debe ser de 250, para tomates y ligeramente mayor para pepinos. Las puntas del canal se doblan y se cosen para terminar la construcción. La solución se introduce por la parte superior del canal a través de un tubo flexible, algunas veces duplicado para prevenir taponamientos.

Pero también se utilizan diversos tipos de canales entre los cuales tenemos:

- Canaletas de asbesto cemento de diversas dimensiones.
- Canales de materiales termoplástico.
- Canaletas de acero galvanizado.
- Canaletas de otros materiales.

Los requerimientos principales de un canal para cultivos hidropónicos, son los siguientes:

- Tener suficiente tamaño para alojar las raíces de la planta.
- Ser inerte químicamente a la solución nutritiva y a las plantas que se cultivan.
- Ser suficientemente rígida para no formar depresiones entre los soportes o en el terreno.
- Ser lo más aislado posible de los factores ambientales externos, como temperatura, radiación solar, contaminación, acceso de plagas y enfermedades.

En algunos casos es necesario recubrir la canal con una película plástica, con el fin de aislar las plantas y la solución nutritiva del material de la canal. Otra veces se utilizan pinturas anticorrosivas o bases plásticas para cubrir las canales. Esto dependerá de la aplicación que se busque.

Cuando se cultiva a raíz desnuda, es necesario que éstas queden aisladas de la luz, mediante una cubierta opaca (plástico negro); pero a su vez, es necesario que queden aisladas de los efectos del calor producido por la radiación producida sobre el plástico negro, colocando encima del plástico un material aislante (espuma de poliuretano, inopor o plástico blanco). También se puede utilizar viruta de madera, aserrín, o cascarilla como material de cubierta.

Para la canal colectora central, se ha utilizado, con buenos resultados, la de 4" que se usa comúnmente como recolectora de aguas de lluvias. La madera no se recomienda ya que sufre deformaciones con la humedad, sol, etc. También en algunos casos se utilizan plástico cosido a una estructura de alambre, sujeta a estacas de madera. Este es muy económico; pero de poca duración.

Se deben de evitar las longitudes demasiado grandes para las canales, hasta un máximo recomendado de 20 mts. Debido con problemas de la oxigenación de las raíces, se han observado los mejores resultados en canales de 6 mts. En algunos casos, la solución nutritiva se introduce por varios puntos a lo largo del canal, así como en la cabecera. Una de la desventaja adicional de las canales excesivamente largas es la gran altura que deben tener en el otro extremo del invernadero.

El NFT es un concepto adecuado particularmente para la producción de pequeñas plantas a poco espacio (lechuga) y permite el movimiento del personal y de vehículos sobre los canales durante la siembra y la cosecha.

Pendiente y caudal de flujo. La solución nutritiva fluye por la canal bajo efecto de la gravedad, hacia el tanque de recirculación, suministrando una capa delgada de la solución a las raíces. Para asegurar una adecuada aireación es importante que la

tasa de flujo sea adecuada y que la profundidad de la solución sea excesiva (preferiblemente menos de 10 milímetros), aun cuando el tejido de raíces esté bien desarrollado. En general una pendiente de 1 en 75 es buena ; pendientes menores de 1 en 100 se deben evitar. Con este sistema se eliminan las bolsas de agua estancada formadas por defectos en la nivelación del suelo.. Debe de tenerse cuidado de que las fugas de agua o las condensaciones sobre las superficies galvanizadas no caigan al colector central, ya que esto aumentaría la concentración de zinc en la solución, pudiendo llegar a causar daño a las plantas .

Bombas y tuberías. Para pequeñas instalaciones NFT, es fácil utilizar una bomba sumergible de las usadas en las fuentes de los jardines, dentro del tanque de recirculación. El caudal y por consiguiente el tamaño de la bomba son fáciles de calcular y cualquier exceso de flujo puede ser retornado al tanque de recirculación, mejorando la aireación y la mezcla de los nutrientes.

Para instalaciones grandes, las bombas centrífugas convencionales son las mejores, ya que ofrecen mayor caudal que las sumergibles y son más fáciles de mantener. También se recomienda tener duplicado de bomba para evitar paradas del riego.

La tubería más utilizada es el PVC rígido, usando solvente y pegante para las juntas. Es indeseable usar tubería metálica, ya que la solución salina terminará por corroerla y la acción galvánica acelerará la corrosión si hay dos metales diferentes.

Uso de sustratos. Con la introducción de canales anchas de fondo plano, es frecuente observar que la solución no llega a las raíces porque se va hacia un lado

de la canal.. Con el fin de evitar este problema, se han probado métodos con mucho éxito, como el uso de telas capilares de sustratos granulares en el fondo de la canal.

En Inglaterra y otros países fueron probadas las telas capilares para asegurara un mojado uniforme a lo ancho de la zona radicular. Esta tela capilar simplificaba el manejo de las plántulas durante los primeros días, pero una vez que el sistema radicular había sido establecido en las canales, no era necesario más este sistema de las telas capilares. Debido a que las raíces crecían hacia abajo traspasando la tela, la mayoría del sistema radicular se desarrollaba debajo de ella, donde era probable que no quedara bien aireado.

Como solución intermedia posteriormente se empezó a utilizar una cinta de tela capilar de 50 milímetros, la cual se colocaba en el fondo de la canal y las plantas se colocaban encima. Esto aseguraba que ninguna planta se quedara seca en los estados iniciales, a la vez que dejaba el sistema radicular descubierto para que pudiera respirar adecuadamente, combinando así la buena aireación con la economía. La otra alternativa para solucionar este problema ha sido el uso de sustratos granulares en la canal, como la cascarilla de arroz, el carbón coque y la gravilla. Dentro del sistema NFT es necesario cubrir para evitar la acción de la luz sobre las raíces. Esta cobertura sea lugar de paso mediante el uso de los sustratos, a la vez que se logran otras ventajas como la posibilidad de usar riego intermitente y el mejor peligro de deshidratación en caso de una falla del sistema eléctrico. Como el flujo de solución es lento a través del sustrato y el oxígeno se va consumiendo a lo largo de la canal, es aconsejable que las longitudes máximas en este caso no sobrepasen de los 6 metros. Con este sistema se han usado canales con pendientes

hasta del 6 % y es posible usar mayores pendientes. (Cultivos hidroponicos, 1991. Tomo N°12).

CULTIVO EN ARENA

Esta técnica se parece más a los cultivos tradicionales en tierra, pues requiere menos riegos al día. Además, es un sustrato muy barato, fácil de conseguir y no presenta dificultad especial para su manejo se puede encontrar en una diversidad de tamaños y clases, pudiendo ser de playa, desierto, de río, de construcción, etc. (Samperio Ruiz. 1997).

En México y en los países del Medio Oriente, donde los proyectos de invernadero se establecieron en la costa, la arena normal de playa fue la utilizada como medio de cultivo. Una vez que dicho medio estuvo lavada y libre de los

excesos de sales, se procedió a la siembra directa, y posteriormente al trasplante. En el Suroeste de USA se utiliza arena lavada de río, procurando que no sea la arena usada para mortero, puesto que ésta es demasiado fina y suele sedimentarse formando barro, originado por la vibración de la arena al paso desde la superficie, motivados por una alto porcentaje de limo y arena fina. El agregado a utilizar deberá lavarse para dejarlo libre de limo más fino y arcilla. Deberá también estar relativamente libre de partículas mayores de 1/16 pulgada (2 mm) de diámetro o menores de 1/40 de pulgada (0,6 mm). Una arena para cultivo cernida propiamente deberá drenar con facilidad y no embarrarse fácilmente después de un riego con gran cantidad de agua. Deberán evitarse los agregados blandos u con tendencia a desintegrarse; no obstante, es imposible evitar el uso de estas partículas en la zona donde solo exista arena caliza ya que se efectuará diariamente la adición de nutrientes y el ajuste del pH. (Resh H.M., 1992).

CULTIVO EN GRAVA

Es el agregado de uso más frecuente a nivel comercial, por ser económico también y permitir una eficaz aireación para las plantas, brindando al propio tiempo un firme agarre y sujeción a las raíces; mientras que el tamaño de las piedras facilitan el lavado y desinfección. Pero, como por lo general el tamaño de la grava es mayor que el de las partículas de arena, este sustrato no tiene gran capacidad de

absorción y esto hace que se requiera regar más veces al día.(Samperio Ruiz. 1997).

Al elegir la grava más indicada para un sistema de subirrigación deberemos procurar que ésta esté formada por granito molido cuyas partículas tenga un diámetro que oscile entre 1/16 de pulgada la más fina a 3/4 de pulgada las mayores. La medida del volumen total de partículas debería tener aproximadamente media pulgada de diámetro. Las partículas deberán ser lo suficientemente fuertes como para no partirse con facilidad, a la vez capaces de retener suficiente humedad en sus espacios vacíos, y también de disponer de un buen drenaje que permita una adecuada aireación de las raíces.

CULTIVO EN ASERRÍN.

Es un sustrato muy barato y abundante en México su capacidad de retención de agua así como su espacio poroso se puede hacer variar de acuerdo al tamaño de sus partículas o mezclando el aserrín con la viruta.

El aserrín fue adoptado como medio de cultivo, a causa de su bajo costo, ligereza y disponibilidad. Y con un aserrín moderadamente fino, o mezclado con una

buena proporción de viruta, suele ser el más adecuado, a causa de que la humedad se difunda lateralmente mejor con éstos que con el aserrín grueso.

Dado que el aserrín es un sustrato orgánico rico en carbono y pobre en nitrógeno, se debe considerar que cuando se le irriga con la solución nutritiva, se presenta frecuentemente un proceso de descomposición parcial de la viruta por bacterias que la desintegran.

Principalmente el nitrógeno de la solución para crecimiento y reproducción, fijándolo temporalmente, lo que puede pasar es que se presente una deficiencia de este elemento en las plantas cultivadas en el aserrín. Y por lo tanto para corregir esto se debe realizar un compostado del sustrato para un mejor establecimiento del cultivo. (Cano, 1997)

El aserrín fue adoptado en la región costera de la Columbia Británica como medio de cultivo, a causa de su bajo costo, ligereza y disponibilidad. Un aserrín moderadamente fino, o mezclado con una buena proporción de virutas planas suele ser el más adecuado, a causa de que la humedad se difunde lateralmente mejor con éstos que con el aserrín grueso.

El aserrín de abeto Douglas (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco) y del tsuga (*Tsuga heterophylla* (Raf) Sarg) han dado los mejores resultados (Mass y Adamsón, 1971). La tuya roja (*Thuja plicata* D) es tóxica y no deberá utilizarse. Una precaución que deberá tomarse siempre con el aserrín es determinar su contenido en cloruro sódico. Las maderas permanecen en el agua por algunos meses antes de ser llevados al aserradero. Durante este tiempo absorben agua de mar, y de esta

forma adquieren la sal (cloruro sódico), en niveles tóxicos para las plantas. En caso de encontrar alguna cantidad significativa de cloruro sódico (mayor a 10 ppm), el aserrín deberá ser completamente lavado con agua pura, una vez que se coloque antes de realizar la plantación. Este proceso de lavado puede necesitar hasta una semana para poder reducir el contenido en cloruro sódico hasta un nivel aceptable.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

CULTIVO	
ARENA	
VENTAJAS.	DESVENTAJAS.
1.- Es un sistema abierto, o sea, la solución de nutrientes no se recicla, de forma que las posibilidades de difundirse en el medio las enfermedades del tipo de Fusarium o Verticillium son muy pequeñas.	1.- Uno de los mayores inconvenientes es la necesidad de fumigar, bien con productos químicos bien con vapor, después de cada cosecha. No obstante, dichos métodos son efectivos, aunque necesiten un poco más de tiempo que el uso de hipoclorito cálcico con el producto en grava.
2.- Existe menos problemas de obturación por las raíces de las tuberías de drenaje, puesto que la mayor densidad del medio de arena	2.- Las tuberías de riego por goteo

favorece el desarrollo lateral de las raíces. 3.- Las partículas de arena, al ser más finas, permiten un movimiento lateral del agua motivado por la acción capilar, de forma que la solución aportada en cada planta se distribuye uniformemente a través de la zona radicular. 4.- Una selección acertada de arena, junto con un sistema de riego por goteo proporciona una adecuada aireación a las raíces. 5.- Cada planta se alimenta individualmente con una solución de nutrientes completamente nueva durante cada uno de los ciclos de riego, no apareciendo ningún cambio en el balance de fertilizantes. 6.- Los costos de construcción son menores que los de un sistema de cultivo en grava con subirrigación. 7.- El sistema es más simple, fácil de mantener y servir, así como más a prueba de fallos, que un sistema de cultivo en grava con subirrigación. 8.- Debido al menor tamaño de las partículas de la arena, la retención del agua es alta y solamente son precisos algunos riegos diarios. 9.- los depósitos de nutrientes o inyectoros serán de menor capacidad, y podrán constituirse agrupados fuera de la zona del cultivo del invernadero. 10.- La arena suele ser fácil de conseguir en la mayoría de los sitios; cuando se utiliza arena calcárea la formulación deberá ajustarse cada día para compensar los cambios del pH y	pueden obturarse con los sedimentos; esto no obstante, puede ser evitado utilizando filtros (in-line) de 100 a 200 mesh, que pueden limpiarse diariamente. 3.- Se dice que el cultivo en arena utiliza más agua y fertilizantes que un sistema cíclico de cultivo en grava; no obstante, esto puede evitarse con un manejo apropiado. Los sobrantes deberán ser controlados y los aportes de solución ajustados, de forma que no se drene más de un 7 u 8 % de éstos. 4.- La formación de sales puede ser frecuente en la arena durante el período de cultivo; esto puede corregirse lavando el medio periódicamente con agua pura. A pesar de ello, con un manejo adecuado con control de la acumulación de sal en el agua de drenaje es muy importante para evitar los problemas causados por un exceso de ésta. (Resh H.M., 1992).
---	--

la disminución del hierro y/u otros elementos.	
GRAVA	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
1.- Riego y nutrición uniforme de las plantas. 2.- Puede ser completamente automatizado. 3.- Da muy buena aireación a las raíces. 4.- Se adapta a una gran cantidad de cultivos. 5.- Ha demostrado su efectividad en gran número de cosechas comerciales cultivadas tanto al aire libre como en invernadero. 6.- Puede utilizarse en las zonas desérticas donde se encuentra solamente disponibles grava y arena. 7.- Gracias al sistema de reciclaje se obtiene un uso eficiente de agua y nutrientes. Algunas de las ventajas se van perdiendo con el uso.	1.- Costoso de construir, mantener y reparar. 2.- Con válvulas automáticas, etc., las averías ocurren a menudo. 3.- Uno de los mayores problemas es el desarrollo de las raíces en la grava, obstruyendo las tuberías de drenaje. Al dejar cada una de las cosechas algunas raíces en el medio, va aumentando la capacidad de absorción de éste, siendo necesario, por tanto, el reducir la frecuencia de riego. Aparecen deficiencias de riego y aireación. Con el paso de los años esta formación de raíces da lugar a la pérdida de las ventajas existentes frente a un sistema de cultivo tradicional. Eventualmente, será preciso limpiar la grava de raíces o incluso cambiarla por completo. La esterilización entre cosechas por medio de cloro se vuelve inefectiva. 4.- Algunas enfermedades como Fusarium y Verticillum pueden extenderse muy rápidamente a causa del sistema cíclico. (Resh.H.M, 1992).
ASERRIN	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
1.- Puesto que al igual que el cultivo en arena es un sistema abierto, hay menos posibilidades de que se extiendan enfermedades como la Fusariosis o el Verticillum, especialmente en tomates. 2.- No existe problemas en obstrucción de la tuberías de drenaje	1.- Es solamente utilizable en zonas con grandes industrias madereras; así, pues, no es posible su uso en países áridos y desérticos. 2.- Debe esterilizarse con vapor o compuestos químicos. 3.- La posibilidad de conseguir un buen

con las raíces. 3.- El movimiento lateral de la solución entre las raíces es muy bueno. 4.- Buena aireación de las raíces. 5.- En cada ciclo de riego se añade una solución nueva de nutrientes. 6.- El sistema es simple y fácil de mantener y reparar. 7.- La alta retención de la humedad por parte del aserrín evitará cualquier estrés hídrico en caso de avería de la bomba. 8.- Se le puede adaptar un sistema de fertilización por inyectores y, por tanto, precisa un depósito de menor tamaño. 9.- El aserrín siempre ha sido barato y fácil de conseguir en las zonas de grandes industrias forestales.	aserrín, incluso en áreas con gran masa forestal, es cada vez menor. 4.- Al principio pueden presentar problemas de toxicidad por cloruro sódico en las plantas, si el medio no es bien lavado antes de la plantación. 5.- En los momentos de la cosecha, las acumulaciones salinas pueden alcanzar en el medio niveles tóxicos para las plantas. 6.- Las obstrucciones de los goteros pueden ser frecuentes sino se utilizan filtros adecuados o se descuida la limpieza de éstos. 7.- Si el aserrín utilizado es muy basto, el agua puede percolar en forma de cono haciendo desarrollarse hacia abajo a las raíces en vez de lateralmente. 8.- Como el aserrín es de naturaleza orgánica se descompondrá con el tiempo. Entre cada cosecha se deberá rastrillarse y se añadirá una parte nueva proporcional a la descompuesta o eliminada por fijación a las raíces, al retirarse las plantas al final del cultivo. (Resh H.M., 1992).
--	--

La elección es importante del material empleado como sustrato, ya que es de gran importancia en cuanto a los requerimientos físicos y químicos, ya que pueden influenciar directamente o indirectamente en el crecimiento de las plantas.

CULTIVO EN VERMICULITA.

Es un material con la estructura de la mica, y se prepara expandiendo por calor en hornos a temperatura cercana a los 2.000⁰ F. El agua se convierte en vapor, separándose los estratos y formando trozos pequeños y porosos como esponjas, con la forma de una semilla. El calentamiento a tales temperaturas provoca una esterilización perfecta. Químicamente, la mica es un silicato hidratado de aluminio, magnesio y hierro. Al expandirse toma un peso muy ligero (6 a 10 lb/pie³) con reacción neutra y buenas propiedades tampón, siendo insoluble en agua, si bien es capaz de absorber grandes cantidades de ésta(3 a 4 galones por pie cúbico). Tiene una capacidad de intercambio cationico alta y, por tanto puede retener nutrientes en

reserva e irlos cediendo posteriormente. Sus contenidos en magnesio y potasio, aunque bajos son fácilmente disponibles por las plantas.

La vermiculita se clasifica para horticultura en cuatro tamaños:

Número 1	Con partículas de 5 a 8 mm de diámetro.
Número 2	El tamaño más regular, de 2 a 3 mm.
Número 3	De 1 a 2 mm.
Número 4	El más útil como medio de germinación , de 0,75 a 1 mm.

La vermiculita expandida no debe someterse a presiones ni compactarse cuando está húmeda, puesto que se destruiría su estructura porosa.

CULTIVO EN PERLITA.

La perlita es un material silíceo de origen volcánico extraído de los ríos de lava. El mineral recién sacado se muele y cierne, calentándose en hornos a unos 1.400⁰ F, temperatura a la cual se evapora la poca agua contenida en las partículas , expandiéndose éstas a otras más pequeñas con aspecto de semillas esponjosas muy ligeras, con peso de 5 a 8 libras por pie cúbico. Las altas temperaturas del proceso nos dan un material estéril. El tamaño de las partículas más utilizadas es el de : 1/16 a 1/18 de pulgada. La perlita absorbe de tres a cuatro veces su peso en agua; siendo esencialmente neutra con un pH de 6.0 a 8.0 aunque sin capacidad tampón. No tiene capacidad de intercambio iónico y no contiene nutrientes

minerales. Es muy útil para incrementar la aireación de las mezclas, ya que contiene una estructura muy rígida que, mientras dura, da lugar a que el tamaño de las partículas vaya disminuyendo conforme éstas se parten en el uso. El tamaño más fino es útil como medio de terminación, mientras que las partículas mayores u hortícolas son las más apropiadas para mezclarlas con turba a partes iguales por bancadas de enraizamiento o a partes iguales con arena y turba para cultivo.

CULTIVO EN PUMITA.

La pumita, al igual que la perlita, es un material silíceo de origen volcánico, pudiendo utilizarse después del molido y cernido sin necesidad de calentarse. Esencialmente tiene las mismas características de la perlita, aunque es más pesado y no absorbe tanta agua, puesto que no ha sido deshidratado. Se utiliza en mezclas de turba y arena para el cultivo de plantas en maceta.

MEZCLAS PARA CULTIVOS SIN SUELO.

La mayoría de las mezclas contienen alguna combinación de arena, turba, perlita, pumita y vermiculita. Las proporciones de utilización de cada una depende del desarrollo de las plantas algunas de las más útiles son :

1. Turba:perlita:arena	2:2:1 para plantas en maceta
2. Turba:perlita	1:1 para multiplicación de esquejes
3. Turba:arena	1:1 para multiplicación de esquejes y plantas en maceta.
4. Turba:arena	1:3 para plantas en bancada y cultivos en contenedores en vivero

5. Turba:vermiculita	1:1 para propagación de esquejes
6. Turba:arena	3:1 peso ligero, excelente aireación, para macetas y cultivo en bancada, propia para azaleas, gardenias y camelias que piden medio ácido
7. Vermiculita:perlita	1:1 ligera, buena para propagación de esquejes
8. Turba:pumita:arena	2:2:1 para plantas en maceta.

(Resh, H.M.1992)

CULTIVO EN HORTIPERL.

Es un material volcánico natural con propiedades semejantes a la arena. Que puede utilizarse una vez esterilizada a una temperatura de 1000⁰C, presenta excelente propiedades de retención de humedad y aireación.

Se conoce también como un material de origen volcánico utilizado extensivamente por los horticultores en Estado Unidos, se trata de un silicato de aluminio que contiene sodio y potasio. Es un material ligero pues tiene un peso de 80 a 100 kilogramos por metro cúbico, y en el agua destilada casi da un pH neutro (Narris, 1978; citado por Solano, 1985).

OTROS SUSTRATOS NO HIDROPONICOS.

CULTIVO EN TURBA.

La turba consiste en vegetación acuática, pantanosa o ciénaga parcialmente descompuesta. La composición de los diferentes depósitos de turba varía ampliamente, dependiendo de la vegetación original, estado de descomposición, contenido mineral y grado de acidificación. (Lucas y otros, 1971; Patek, 1965).

TIPOS DE TURBA:

Turba de musgo, es la menos descompuesta y proviene de *Sphagnum*, *Eriophorum* y otros musgos, teniendo una alta capacidad de retención de humedad (diez veces su peso en seco), con acidez elevada (pH de 3.8 y 4.5) y conteniendo una pequeña cantidad de nitrógeno (cerca de 1 por 100), aunque con poco o nada de fósforo y potasio . La turba que proviene de otras clases de musgos se deshace con facilidad, comparado con la originada por *Sphagnum*, siendo ésta preferible . Turba de cañaveral y de humus, estas también se descomponen rápidamente.

La turba *Sphagnum* está formada por la deshidratación de residuos recientes o incluso partes vivas de plantas ácidas de pantanos del género *Sphagnum* , tales como *S. papillosum*, *S. capillacium* y *S. palustre*. Es relativamente estéril, ligera en peso y tiene una elevada capacidad de retención de agua, siendo generalmente picada antes de utilizarla como medio de cultivo.

CULTIVO EN OLOTE MOLIDO.

Como su nombre lo indica, es el tipo de sustrato que resulta de moler el ráquiz de las mazorcas una vez que los granos han sido desprendidos.

La criba del molino deberá ser lo más fino que sea posible con la finalidad de lograr que haya buena capacidad de retención del agua, así como una buena aireación.

CULTIVO EN PAJA DE TRIGO.

Es otro de los materiales que puede utilizarse como sustrato presenta excelente capacidad de retención de agua y con muy buena aireación. Al igual que los demás sustratos que son diferentes a los que ya se habían trabajado, pero para esto deberá hacerse un compostado como etapa preliminar.

La elección es importante del material empleado como sustrato, ya que es de gran importancia en cuanto a los requerimientos físicos y químicos, ya que pueden influenciar directamente o indirectamente en el crecimiento de las plantas.

SISTEMA DE RIEGO.

La distribución de la solución en los cultivos hidropónicos, puede hacerse de distintos modos: distribución continua o periódica desde arriba, por riego desde abajo ó bien haciendo que la solución circule manteniendo un nivel constante,

teniendo en cuenta los factores técnicos y agrícolas y sobre todo los factores económicos.

La forma de suministrar las soluciones nutritivas depende de varios factores importantes que son: según el tipo de planta, su estado biológico, temperatura, etc (Almanza, G.J.R. 1984).

El suministro de la solución de nutrientes a las plantas podrá hacerse, bien directamente desde un depósito de almacenamiento de solución-dilución, o bien con un sistema de dosificación . El sistema de solución-dilución necesita un depósito de almacenamiento , una bomba (como fuente de presión) y un sistema de distribución (Resh, H.M. 1987).

El agua de riego en cultivo hidropónico. 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 boros en cantidades demasiado altas nos condicionan el tipo de cultivo y el manejo del mismo en cuanto a nutrición, riego y volumen de drenaje.

Cada cultivo tiene una tolerancia específica a los elementos tóxicos antes citados y a la cantidad de sales (cuantificada por la medida de la conductividad eléctrica), que puede mantener en su entorno radicular sin merma importante de rendimientos. Estos niveles no deben sobrepasarse y esto se consigue mediante el adecuado control del volumen drenado. Con agua de buena calidad los porcentajes

de drenaje serán menores (mejor aprovechamiento de los recursos hídricos) mientras que aguas salinas sólo nos permitirán cultivar especies más o menos tolerantes a la salinidad (tomate, melón) y nunca especies sensibles a la misma (judía, fresa) y además habrá que dejar un mayor volumen de drenaje para evitar excesivos aumentos de conductividad eléctrica en el sustrato y acumulaciones de elementos fitotóxicos.

Esta es una de las razones por las cuales no se emplean los sistemas cerrados en nuestro país, la pobre calidad de las aguas harían que rápidamente se acumularan elementos indeseables en la solución recirculante con la que habría que desecharla. Para este tipo de sistemas es necesaria una calidad de agua muy alta, con una concentración de sodio y cloruros tal que el cultivo pueda asimilarlos sin presentar síntomas de toxicidad. (Antonio Alarcon, 1998).

NUTRICIÓN HÍDRICA

La frecuencia y volumen de riegos debe adaptarse a los sistemas de cultivo y de riego disponibles, al tipo de sustrato usado (volumen y características (físico-químicas), al cultivo (especie y estado fenológico) y a las condiciones climáticas existentes en cada momento.

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 hidroponico no podemos permitir que las plantas sufran estrés hídrico que afecte su rendimiento final o despilfarros de la solución nutritiva (agua y fertilizantes). Es necesario que las

plantas reciban toda y nada mas que el agua necesaria y en el momento que la precisan. La programación horaria de los riegos no es actualmente un método valido, 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 métodos capaces de solucionar este problema, son lo denominados (solarímetros) que disparan el riego al alcanzar cierto valor de radiación acumulada, unidades evaporimétricas y tensiómetros que actúan de un modo similar, etc. El sistema mas extendido y que ofrece excelentes resultados es la instalación de una bandeja de riego por demanda. Este dispositivo consta de una bandeja soporte sobre la que se sitúa el sustrato (generalmente dos unidades) con sus plantas correspondientes, el agua de drenaje se acumula en la parte mas baja de la bandeja (que lleva un orificio para desalojar parte del excedente drenado) donde se sitúa uno o varios electrodos que accionan el riego cuando los procesos evaporativos y de succión directa de las raíces así lo indican. Este sistema permite la obtención del drenaje prefijado de forma uniforme lo que evita despilfarros de agua y fertilizantes o estrés salino temporal si el drenaje estimado es el idóneo, ya que el aporte hídrico se corresponderá con la evapotranspiración que en cada momento sufra la planta.

En cualquier caso interesan riegos numerosos y cortos. Si observamos el transcurso de un riego en cultivo hidropónico, al tratarse de sustratos con volumen limitado por planta y mantener siempre un estado hídrico óptimo, a los pocos segundos de comenzar a caer la solución por la pipeta de goteo, se inicia el drenaje del sustrato que lava la acumulación de sales que puede haber tenido lugar. Llegamos un momento a los 1-2 minutos (si el control hídrico es bien llevado) que la solución

aportada es prácticamente la misma que la de salida, el prolongar durante mas tiempo el riego supone un gasto innecesario de agua y fertilizantes. (Antonio Alarcon, 1998).

La cantidad máxima de agua a aplicar depende básicamente de dos factores : Capacidad del sustrato y profundidad del mismo.

Mientras más alta sea la capacidad de retención de agua por el sustrato y más profundo sea éste, menos frecuentes podrán ser los riegos.

TABLA DE FRECUENCIA DEL RIEGO			
Sistema	Características del sustrato	Profundidad centímetros	Frecuencia Riegos Diarios
Raíz desnuda	O	0	8 - 16
Teja corrugada	B	2 - 5	4 - 8
Canaleta	B	5 - 10	2 - 4
Bancada	M	10 - 20	1 - 2
Semi-Hidropónico	A	20 - 40	Cada tres días
A medida que aumenta la profundidad o retención, disminuye la necesidad de riego .			
R = Baja retención A = Alta retención M = Media retención			

Fuente : Cultivos hidropónicos. 1991. N°. 11.

IRRIGACIÓN SUPERFICIAL.

La solución se aplica directamente a la superficie del agregado, para esto es muy importante que exista un eficiente sistema de drenaje . Es aplicable para todos

los cultivos en agregado ó sustrato. La solución nutritiva generalmente no se recircula, por lo que los recipiente no tienen que ser impermeables, solo debe evitarse que sus paredes interiores reaccionen con la solución, ya que se puede alterar la composición de esta última (Sánchez y Escalante, 1988).

RIEGO POR GOTEIO.

Aquí se adopta un sistema automático que haga gotear la solución nutritiva. Usualmente la solución no se recircula. La dosis de aplicación varía con el tipo y tamaño de la planta, con las condiciones climáticas y con el tipo de agregado que se utilice ; generalmente oscila entre medio y dos litros de solución por metro cuadro por día y hasta cuatro litros diarios en localidades con alta temperatura e insolación (Sánchez y Escalante, 1988).

Tanto en el sistema de cultivo vertical como en el de bancadas, será precisa la utilización de riego por goteo para el suministro de agua y nutrientes a las plantas. es preciso un cálculo adecuado de válvulas y tuberías para que el flujo de solución sea el indicado (Resh, H,M. 1987).

VENTAJAS:

Marcado aumento en la producción de los cultivos, produciendo frecuentemente el doble o más que en el riego por aspersión o por surcos.

Crecimiento del cultivo con menos riesgos de daño por salinidad.

Akortamiento del período de crecimiento, produciendo cosechas más tempranas .

Mejores condiciones fitosanitarias.

SUBIRRIGACIÓN.

Este método fue diseñado originalmente para cultivo en grava; posteriormente se modificó el método para aplicarse en todos los agregados (Sánchez y Escalante, 1988).

IRRIGACIÓN POR CAPILARIDAD.

Este método se utiliza generalmente para instalaciones caseras. Para conducir la solución al agregado se usa una mecha para lámpara de alcohol o petróleo, misma que se puede elaborar enrollando tramos de tela con propiedades capilares.

El recipiente que contiene la solución puede ser cualquier material impermeable.

REQUERIMIENTO DE LA PLANTA.

Los requerimientos mínimos que tienen las planta para lograr una producción aceptable. Estos requerimientos son : a) agua; b) luz; c)temperatura; d) oxigenación; e) Lluvia; f) viento; g) Humedad atmosférica

EL AGUA.

El agua, aparte de ser requerida por los vasos del vegetal, es el vehículo de los elementos nutrientes (de los alimentos), que no se le pueden aportar en su estado natural como minerales, sino disueltos. (Samperio Ruiz, 1992).

LA LUZ.

La luz es un factor indispensable para el buen desarrollo de las plantas, pues es la energía que necesitan para realizar la fotosíntesis, por medio de la cual logran llevar acabo sus diferentes etapas de desarrollo, desde su crecimiento hasta su producción. (Samperio Ruiz, 1992).

La radiación recibida del sol es la fuente esencial de toda energía de la tierra. Por el proceso de fotosíntesis, las plantas verdes convierten la radiación en forma de energía química que luego puede ser utilizada por los organismos no fotosintéticos.

La luz tiene muchos otros efectos sobre la planta, que influyen sobre la germinación de las semillas, su crecimiento vegetativo, floración y morfología. Las exigencias de la luz difieren según la especie de la planta. Es muy diferente el desarrollo de un cultivo a plena o poca exposición de luz solar. La cebolla de bulbo o cabezona es una hortaliza bastante exigente de alta luminosidad. Este factor incide en el contenido de sólidos y mejores rendimientos.

En la hidroponía las plantas no compiten por el alimento, sino por la luz, de tal manera que una densidad de siembra excesiva obliga a las plantas a un mayor esfuerzo por obtener la luz disponible y tiende a reducir los resultados de las cosechas. De igual forma la densidad de siembra en los cultivos hidropónicos es bastante mayor que la de los cultivos en tierra (Cultivos Hidropónicos; tomo N° 1, 1991).

LA TEMPERATURA.

Es otro de los factores que inciden de forma definitiva en la vida de las plantas; aunque estas según su clase y variedad, presentan diferentes requerimientos de calor. Generalmente las plantas se desarrollan bien entre los 18 y 24 grados centígrados.

Las plantas resisten los cambios de temperatura solo si son mínimos: si estos son bruscos, pueden dañarse seriamente. Consideramos alteraciones bruscas de temperatura cuando hablamos de un rango de 8 a 10 grados centígrados de diferencia respecto a su temperatura habitual. (Samperio Ruiz, 1992)

Entre los varios factores ambientales que afectan a las plantas, la temperatura es de los más importantes. Las plantas son capaces de crecer solamente dentro de un estrecho rango de temperaturas, aunque algunas de ellas pueden sobrevivir en condiciones un poco más extremas. Para la mayoría de las plantas hortícolas la temperatura óptima para el crecimiento está entre 15 y 35 grados centígrados.

Las semillas secas al óptimo de la humedad, pueden soportar temperaturas muy bajas. Las temperaturas frías pueden extender considerablemente el tiempo que las semillas mantienen su capacidad de germinación. El grado de adaptación a temperaturas cambiantes depende del tipo de especie; por ejemplo el tomate no puede soportar temperaturas por debajo de 1 grado centígrado, aun y cuando esté aclimatado adecuadamente, mientras que un manzano no tendría daño a -35 grados centígrados. El banano puede sufrir daño por enfriamiento brusco a 4 grados centígrados.

El clima y el tipo de planta, condicionan el ciclo de cultivo, es decir el tiempo que tarda una planta para producir y no la forma de alimentación. A medida que se calienta el clima, se produce un acortamiento del ciclo y un ablandamiento en frutos. Por ejemplo, la fresa no resiste ambientes muy cálidos, porque además presenta el problema de la floración. La lechuga batavia, tampoco resiste el exceso de calor

pues no cierra y tiende a florecerse. También se puede alterar la polinización con el incremento de temperaturas, por ejemplo el tomate y el pepino.

CULTIVOS SEGÚN EL CLIMA

FRIÓ	MEDIO	CÁLIDO
Coliflor	Tomate	Melón
Apio	Naranjilla	Maracuya
Brócoli	Cohombro	Ají
Zanahoria	Pimentón	Batata
Fresa	Habichuela	Sandía
Curuba	Repollo	Pimentón
Lechuga batavia	Arveja	Maíz

CAMBIOS DE COMPORTAMIENTO.

Un incremento de temperatura.

- Acortamiento del ciclo vegetativo.
- Ablandamiento en los frutos.

Un decremento de temperatura.

- Alargamiento del ciclo vegetativo.
- Endurecimiento del fruto

(Cultivos Hidropónicos, tomo N° 1, 1991).

OXIGENACIÓN.

También es muy importante para la planta, ya que a través de la oxigenación se realiza la función de transportar nutrientes y acumular elementos dentro de su sistema celular. El oxígeno, al oxidar los minerales, se convierte en catalizador para generar la energía metabólica mediante su sistema de respiración radicular. (Samperio Ruiz, 1992).

LLUVIA.

Las precipitaciones atmosféricas de agua varían de una zona a otra. En regiones de grandes altitudes, el aire es seco pero basta un pequeño vapor para que el aire se sature y forme nubes y caiga la lluvia. La intensidad de las gotas de la lluvia sobre las plantas puede ser nociva ó pueden ser benéficas hasta un límite. Por ejemplo, las gotas de lluvia sobre las hojas de lechuga, repollo, pepino cohombro y pimentones, ayudan notablemente al control de áfidos y pulgones, en regiones donde las lloviznas son constantes y la humedad alta, se hace obligatoria la protección de cultivos altamente sensibles al ataque de hongo. En un cultivo hidropónico al aire libre la lluvia intensa genera un cambio en la concentración de las soluciones nutritivas de los recipientes de almacenamiento; además puede causar lavado de polen y de los estigmas y la caída de las flores.

VIENTO.

Los vientos influyen directamente sobre la temperatura, humedad y las lluvias. Los vientos húmedos y frescos, con humedades del 90 % y temperatura de 10⁰C, al atravesar las montañas se convierten en vientos secos con humedades del 40% y temperaturas de 20⁰C. Estos cambios, dependiendo de la susceptibilidad de las plantas a los cambios de clima, inciden ampliamente en la calidad de las flores y bajo crecimiento de los frutos, por daños al estigma y a los granos del polen. Las plantas que exigen ser entutoradas se afectan por vientos fuertes.

HUMEDAD ATMOSFÉRICA.

La humedad atmosférica es la capacidad de vapor de agua que puede haber disuelto en el aire. Para procurar las mejores condiciones de desarrollo de las plantas, es de gran importancia el sostenimiento de una humedad ambiente adecuada, la cual incide directamente en el trabajo que realizan los estomas.

Cuando existe una humedad atmosférica baja y la absorción de agua es insuficiente, se paraliza o disminuye el proceso de fotosíntesis. En este sentido son especialmente exigentes las plantas con un sistema foliar amplio, pues transpira mucha agua. Ejemplo: pepinos, lechugas, begonias, etc.

Punto de Rocío: es decir la temperatura a la cual la humedad relativa alcanza el 100 %. Particularmente durante las noches frías, muchas superficies se ponen más frías que la temperatura del aire. Las capas de aire superficiales entonces se enfrían por conducción y cuando se alcanza el punto de rocío, empieza a ocurrir la condensación.

El fenómeno de la humedad atmosférica es de gran importancia para la planta, ya que condiciona la susceptibilidad a muchas enfermedades. En general se puede decir que a mayor humedad atmosférica mayor incidencia a las enfermedades fungosas y bacterianas (Cultivos Hidropónicos; tomo N° 1, 1991).

PLAGAS Y ENFERMEDADES.

Los Cultivos Hidropónicos tiene 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.

Los mildius polvosos (oidios), cenicillas (*Botrytis Cinerea*) son hongos que proliferan por el aumento de la humedad atmosférica. La mosca blanca, los áfidos o pulgones, son plagas que se encuentran a menudo asociadas a recintos de invernadero. Los insectos que atacan a las plantas en semillero o recién transplantadas en tierra, son prácticamente difíciles de encontrar en los sustratos hidropónicos.

El cultivo del tomate bajo invernadero establecido en un sustrato altamente poroso y con un sistema cerrado para el manejo de la solución nutritiva, es garantía de sanidad. Principalmente se presenta libre de enfermedades fungosas como *Phytophthora infestans* (gotera).

Los problemas de la parte aérea de las plantas son independientes de esta técnica, siendo pues necesario seguir un programa sanitario igual al de los cultivos

en suelo, si se quiere tener buenos rendimientos. (Cultivos Hidropónicos, Tomo N°. 1, 1991)

Cuando nos referimos a las enfermedades de ésta técnica, hacemos especial relación a las enfermedades del sistema radicular, puesto que las enfermedades de las partes aéreas de las plantas en general son iguales a las de aquéllas cultivadas por cualquier otro método.

Entre las enfermedades más frecuentes y que entran por las raíces, están las marchiteces causadas por especies de *Fusarium* y *Verticillium*. Estas enfermedades se evitan usando variedades resistentes.

Un segundo grupo de organismos patógenos menos familiar a los horticultores, contiene especies de *Pithium* y *Phytophthora*. Estos hongos necesitan de agua para reproducirse y regarse por medio de zoosporas. Estas esporas, a diferencia de las de muchos otros hongos, son capaces de nadar alguna distancia y enquistarse antes de atacar la raíz en un nuevo sitio. Cuando estos hongos atacan, solamente dejan la raíz principal; todas las demás desaparecen y no se forman raíces nuevas. Las planta que sufren este ataque no se recuperan, mientras que las plantas que sufren la “muerte radicular común” muestran una marchitez transitoria al medio día, particularmente en los días calientes y soleados al inicio del periodo de la cosecha.

La otra gran enfermedad del sistema radicular del tomate es la pudrición café, causada por el hongo *Pyrenochaeta lycopersicae*. Es improbable que este patógeno

cause problemas, debido a que es de muy lento crecimiento. Aun en suelo este hongo tarda varias cosechas en establecerse lo suficiente para causar pérdida de la cosecha.

Todas las plantas enfermas deberán examinarse en forma cuidadosa. Ya que pueden aparecer nuevas y no reportadas enfermedades en este sistema de cultivo. Un ejemplo de esto es la aparición de una marchitez en claveles, causada por *Phitophthora cryptogea*, la cual a primera vista parecía similar a la causada por *Verticillum*. (Cultivos hidropónicos, Flujo Laminar tomo).

CONTROL DE ENFERMEDADES.

Hasta el momento nos se han producido fungicida para algunos de los métodos del sistema de cultivo hidropónico, la mayoría de los disponibles han sido hechos para uso en las partes aéreas de las plantas. Las hojas, las ramas y el tallo están cubiertos por una cutícula o corteza protectora que previene a muchos productos químicos de entrar en la planta.

No es fácil controlar las enfermedades; las raíces no tienen cutícula protectora y la mayoría de los fungicidas tienen una acción tóxica inmediata sobre las células de la raíz. Se han probado numerosos fungicidas tienen una acción tóxica inmediata sobre las células de la raíz. Se han probado numerosos fungicidas; pero la mayoría

han resultado fitotóxicos. Aun el Carbendazim y los fungicidas sistémicos derivados son dañinos en concentraciones de 80 ppm.

Sus propiedades sistémicas, tan útiles en el suelo, operan contra ellos, debido a que desaparecen muy rápido de la solución, moviéndose a través de la raíz hacia los tallos. Otros fungicidas que han sido utilizados para combatir las infecciones radiculares de *Phytophthora* y *Pythium* son el Etridiazole y el Furalaxil. El primero de ellos a concentraciones de 50 ppm de ingrediente activo, mata las plantas. Sin embargo a concentraciones menores suspende el crecimiento de los hongos y la exposición de las raíces durante tan solo una hora previene la formación de zooporas. Trabajos en el GCRI han demostrado que el Etridiazole en concentraciones de 30 ppm de ingrediente activo cada cuatro semanas, controla las especies de *Phytophthora* y previene la reproducción y el crecimiento de varias especies de *Pythium*.

El Furalaxil también ha sido usado con efectos similares al Etridiazole en los sistemas comerciales. (Cultivos hidropónicos, Flujo Laminar tomo).

CONCLUSION.

La técnica hidropónica es de gran importancia ya que existe una mayor rentabilidad que en el método tradicional, obteniendo frutos de mejor, mayor calidad y cantidad, obteniendo producciones fuera de temporada, cultivos de clima frío en clima cálido y viceversa teniendo por ello mejor precio en el mercado. El poder producir en lugares donde no se tiene suelo, teniendo como finalidad, autoconsumo

y producción de excedentes, llegando a formar grupos de cooperativas. Por lo cual con el contenido de este trabajo esperamos pueda minimizar la comprensión de la técnica, basado en experimentos hechos por los investigadores que el mismo se mencionan y que se han obtenido buenos resultados.

GLOSARIO.

Aislar. Circundar o cercar de agua por todas partes algún sitio o lugar. Quím. Separar un compuesto de la mezcla que lo contiene. **Aislar un cuerpo.** Ponerlo fuera del contacto con otros cuerpos que pueden comunicarle calor, vibraciones acústicas, electricidad, etc.

Apropiada. (cf. apropiar) adj. Acomodado o proporcionado para el fin a que se destina.

Cascarilla. f. Corteza del cascarillero, árbol euforbiáceo americano, amarga, aromática y medicinal que cuando se quema desprende un olor como de almizcle.

Combustibles. Las materias llamadas combustibles se transforman con desprendimiento de calor, al quemarse. Se clasifican como combustibles los cuerpos químicos cuyas reacciones de combustión son exotérmicas. Los alimentos son combustibles; pero se designan en particular con este nombre a sustancias ricas en carbón en hidrógeno, que por combinación violenta con el oxígeno, desprende gran cantidad de calorías. El número de calorías desprendidas por kilogramo de combustible -si es sólido o líquido- o por metro cúbico -si es gaseoso- se llama poder calorífico.

Granulometría. Parte de la geología que se ocupa de la medición en un sedimento o sedimentita, de las dimensiones de sus componentes clásicos.

Esterilizar. Hacer que una sustancia sea impropia para el cultivo de microbios.

Eliminar. Quitar una cosa, prescindir de ella.

BIBLIOGRAFÍA.

Alarcon Vera Antonio L. 1998. Los cultivos hidropónicos de hortalizas extratempranas.
<http://www.ediho.es/horticom/forums/fitech/aalarcon.html>

Almanza, G.J.R. 1984. Producción intensiva de forraje por medio de sistemas hidropónicos en cámara de crecimiento. memoria. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 123 p.

Arévalo Navarro Ernesto. 1997. Evaluación de Cuatro Sustratos en Hidroponía bajo el sistema Vertical con Tomate, (Lycopersicum sculentum Mill). Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 10p.

Burg, A. 1983. Tecnología en Nínive y Babilonia. “Los jardines colgantes “ Información científica y tecnológica. Vol. 5 N° 80. México, D.F.

Cano, P. 1997. Evaluación de cuatro sustratos en hidroponía bajo el sistema vertical con el cultivo del chile (Capsicum annuum L.). Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Ceron Ramos. 1993. Influencia de Dosis y Frecuencia de Aplicación de Soluciones Hidropónicas en el crecimiento de Gerbera (Gerbera amesonii H.). Cv. Fredistel. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 8p.

Cultivos hidropónicos. 1991. Ediciones Culturales Ver Ltda. y Coljap Industria Agroquímica S.A. Santa Fe Bogotá Colombia. Tomo 1,11,12. Ediciones culturales Ver Ltda. y Coljap Industria Agroquímica S.A. Bogotá Colombia.

García, P.I. 1988. Evaluación de cinco cultivos forrajeros con la técnica hidropónica y la aplicación de Biozyne bajo condiciones de invernadero. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 160p.

Gómez, P.P. 1975. Riegos a presión, aspersión y goteo. Editorial Aedos. España. pp. 245.

Huterwal, G.O. 1983. Hidroponía, Cultivos sin tierra. Editorial Albatros, Buenos Aires Argentina. 251p.

<http://www.nalejandria.com/01/bialik/h/hidroponía/hidro6.htm>

López Ferreira Francisco Javier. 1988. Evaluación de seis especies forrajeras bajo técnica de hidroponía. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Proyecto. 1993. Producción de jitomate en hidroponía bajo condiciones de invernadero. Fondo Nacional de Apoyo para Empresas de Solidaridad.

Resh, H.M. 1987. Cultivos Hidropónicos, Segunda edición, ediciones Mundi prensa España, 318 p.

Samperio Ruiz Gloria. 1997. Hidroponía básica. Editorial Diana. S.A. de C. México D.F.

Sánchez, del C.F. y E.R. Escalante. 1988. Hidroponía, Principios y Métodos de Cultivo. Universidad Autónoma de Chapingo, Tercera edición, México 194.P.

Solano, M.C.M. 1985. Sistemas de producción en hidroponía. Monografía. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 123p.

Valadez L.A. 1996. Producción de Hortalizas, Quinta reimpresión. Editorial Limusa, S.A. México pp. 298.