



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Química

"Preparación, Análisis y Efectos de Algunas Soluciones Hidropónicas Usadas en la Producción de Vegetales"

Trabajo Monográfico

Que para obtener el título de:

INGENIERO QUIMICO

P r e s e n t a :

María Guadalupe González Barragán

México, D. F.

1983



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

C O N T E N I D O

	<u>Pág.</u>
1.- INTRODUCCION.	1
2.- GENERALIDADES	5
a) Hidroponfa	5
b) Tipos de medios de soporte y métodos de esterilización	6
c) Influencia del medio ambiente	13
d) Influencia del agua	22
3.- PREPARACION Y EFECTO DE LAS SOLUCIONES	28
a) Macronutrientes y micronutrientes	29
b) Preparación de soluciones	35
c) Preparación de soluciones nutrientes con aguas salinas	39
4.- ANALISIS Y CONTROL QUIMICO DE:	74
a) Macronutrientes	82
b) Micronutrientes	104
5.- DATOS Y GRAFICAS	118
6.- APLICACION PRACTICA	119
7.- CONCLUSIONES	131
8.- BIBLIOGRAFIA	134

Introducción

Elaborar una tesis significa el paso final para llegar a la meta que se había trazado. Elegir un tema es buscar algo en lo que se tiene un interés especial en conocer mas a fondo.

El tema que he escogido se llama "Hidroponía" y significa cultivo de plantas sin tierra. La naturaleza de este tema es, desde mi punto de vista, algo que puede causar sensación entre quienes no lo conocen y por otro lado admiración para los que se empiezan a interesar en él.

La hidroponía existe desde hace muchos años, sin embargo nunca antes había sido tan importante como ahora. Es un hecho conocido por todos que día a día los desiertos del mundo cobran más terreno. Cada día las tierras se tornan más estériles y el rendimiento va siendo menor, al mismo tiempo la población mundial va en aumento; por ello el objetivo de este estudio es ayudar al campesino poniendo a su alcance los conocimientos más avanzados de la ciencia al mismo tiempo que de la manera más sencilla.

El lenguaje que se utiliza no es científico para que la persona que se inicia en la hidroponía pueda comprenderla con facilidad. Las pruebas químicas fueron escogidas tomando en consideración que no se cuenta en el campo con un laboratorio de análisis químicos. Asimismo, al final de esta obra se incluyen todas las tablas que pudieran ayudar en la mejora de un cultivo en especial.

De esta manera el campesino que cuenta con un terreno que está agotándose, puede encontrar la solución a su problema cambiando la manera tradicional de obtener su cosecha por otra que seguramente va a ser mucho mejor.

Las ventajas que ofrece la hidroponía con respecto a los métodos tradicionales de cultivo son:

- 1.- Como la solución nutriente es de composición química homogénea, algo de lo que el suelo carece, es relativamen-

te fácil de muestrear, comprobar y reajustar el requerimiento de nutrientes periódicamente para reponer aquellos elementos que estudiveran faltando.

2.- Las siembras se pueden llevar a cabo en localidades en donde un cultivo normal es difícil o impracticable como por ejemplo en zonas áridas o en zonas salinas, lo que permite el aprovechamiento de estas zonas.

3.- La solución nutriente así como el medio de soporte, se encuentran en camas. Las camas así como el medio de soporte, pueden ser esterilizados para prevenir enfermedades de las raíces y por lo tanto eliminar la necesidad de rotar una siembra.

4.- Se puede minimizar la evaporación en la superficie cultivada de tal manera que el gasto de agua sea menor para una misma cantidad de cosecha.

5.- El riego puede automatizarse, lo cual reducirá gastos.

6.- Como la solución nutriente puede ser ajustada y es constantemente reemplazada, se pueden usar aguas salinas de concentraciones relativamente altas.

7.- En promedio, los rendimientos son altos y el cultivo es fácil.

Las únicas desventajas de la hidroponía son las inversiones iniciales que son altas y que sólo es económicamen-

te viable para cierto número de cultivos.

Generalidades

a) La hidroponía es el cultivo de plantas sin suelo etimológicamente viene de hidros que significa agua y ponos que significa labor. Es un sistema que permite resolver muchos problemas de escasez de alimentos, a través de una producción en grande escala. Esto es posible debido a que la solución nutritiva es llevada a las raíces, en lugar de que estas tengan que extenderse para poder encontrar los nutrientes como ocurre en el suelo dando como resultado que cada planta ocupe un espacio menor. De esta manera con la hidroponía se pueden tener suficientes plantas creciendo en espacios pe-

queños, utilizando únicamente palos o cordones para las plantas trepadoras.

B) TIPOS DE MEDIOS DE SOPORTE Y METODOS DE ESTERILIZACION.

Los cultivos se desarrollan en camas; las cuales son tiras largas de concreto reforzado, prefabricado, de cemento y asbesto o de plástico poliéster, rellenas con un medio de soporte para la plantas. Dependiendo del medio de soporte utilizado se hace la siguiente clasificación:

a) Cultivo en medio líquido; En ella la planta se sujeta por su parte superior en plástico, madera o alambre y las raíces cuelgan libremente dentro de la solución nutritiva.

b) Cultivo en arena; La planta se sujeta por medio de sus raíces en un medio inerte tal como la arena, vermiculita o fibra de vidrio. La solución nutritiva se distribuye entre las partículas del medio de soporte.

c) Cultivo sobre grava semi-irrigada; La planta se sujeta por medio de sus raíces en grava o espuma plástica con partículas de textura fina. La solución nutriente que se almacena en la parte inferior es bombeada hacia las camas. Cuando la solución nutritiva ha llegado al nivel requerido, la bomba se para automáticamente y la solución se drena de nuevo hacia el tanque de reserva. De esta manera el aire vuelve a llenar los espacios entre las partículas de la grava. Se puede comprobar y corregir la solución nutritiva y la grava

puede ser fácilmente esterilizada. La inversión inicial en este sistema es mas alta, pero se pueden controlar mejor los factores de crecimiento, que afectan a la planta así como asegurar mejor su rendimiento.

La hidroponía se ha encausado al cultivo a nivel de granjas las cuales están provistas de una serie de camas llenas de grava o de un medio de soporte similar, un tanque de reserva o de almacenamiento para la solución nutritiva, sombra, un sistema de irrigación y de recirculación y a menudo un sistema de soporte para plantas trepadoras tales como el tomate y el pepino.

Para seleccionar el medio de soporte existen varios aspectos que deben tomarse en cuenta.

1.- Facilidad para arrancar la planta totalmente. Esto es importante ya que si permanecieran algunas raíces dentro del soporte, estas se pudrirían con el tiempo produciendo enfermedades en el medio.

2.- Facilidad de esterilización del soporte.- Un medio que no se encuentra completamente esterilizado representa un problema en potencia que se presentará tarde o temprano.

3.- Absorción solar baja.- Si el medio tiene la característica de absorber los rayos del sol con bastante facilidad, entonces se tratará de un soporte que seguramente quemará la planta.

4.- Facilidad para la aereación.- Esto es básico pa-

ra el buen desarrollo de los cultivos.

Existe una gran variedad de materiales que pueden usarse como medios de soporte, como ejemplos se tienen: paja, viruta, aserrín, musgo de pantano, arena, ladrillo quebrado, perlita, vermiculita, vidrio, esponja, hule, grava, hule espuma, piedritas de río, lava, tezontle, platos rotos, discos rotos etc.

Cada uno de estos medios tiene sus propias características por ejemplo la paja es autoesterilizable ya que al mojarse la temperatura en el centro de la misma, aumenta hasta 71 °C y llega a enfriarse en un lapso de 48 horas. Además es un material muy poroso, lo que permite que la solución permanezca el tiempo suficiente para que la planta aproveche los nutrientes. Sin embargo es fácil de volverse a contaminar.

La perlita tiene como característica absorber demasiados rayos solares lo cual daña la planta.

La espuma plástica es uno de los subproductos de algunas industrias y puede ser utilizado en vez de grava, esto reducirá considerablemente los gastos de inversión.

El plástico que más se utiliza es el de poliestireno debido a su capacidad para retener agua, ya que es extremadamente ligero; sin embargo debido a que puede contener formaldehído, la espuma plástica deberá guardarse en agua durante

dos o tres semanas antes de usarse.

La arena es otro de los materiales que se pueden emplear como medios de soporte; pero no ha tenido mucho éxito, ya que en la arena fina la solución nutritiva no circula con la rapidez suficiente para llevar el oxígeno a las raíces. La falta de oxígeno provoca rendimientos menores. Para resolver este problema se intentó agregar muy poca solución nutritiva, de manera que existiera suficiente espacio para que penetrara el aire. No obstante el límite entre demasiado seco, en el que las plantas se marchitan y demasiado húmedo, en el que las plantas se asfixian es demasiado pequeño.

El empleo de arena como medio de soporte solamente se recomienda si no se puede obtener otro material o bien si se utiliza un sistema de riego por aspersion. Otra desventaja de utilizar arena como medio de soporte es que puede haber floculación de algunos nutrientes como el calcio y el magnesio formandose pequeños conjuntos; debido a que la arena se va apretando y evita que la solución se distribuya uniformemente. Para éste sistema las camas que se requieren son aún mas profundas.

Antes de emplear este medio de soporte debe tenerse cuidado de colar la arena para remover partículas menores de 0.2 mm de diámetro. La arena que mas se recomienda es la de cuarzo. La capacidad para retener agua en arenas de cuarzo es

mayor que en las de la grava por lo que se observa una menor necesidad de irrigación. Sin embargo puede presentarse el problema de que falte el aire alrededor de las raíces dando como resultado un rendimiento menor.

La grava es uno de los medios de soporte mas usados como relleno inerte. Se puede reemplazar fácilmente y no hay necesidad de eliminar organismos como ocurre con la tierra, vermiculita y musgo. Se prefieren las piedras redondas para evitar que las agudas corten las raíces cuando haya viento.

Existen varios tipos de grava, la grava de granito o basáltica, o piedritas de río las cuales son buenos medios de soporte. Los materiales porosos tales como la lava son aún mejores, debido a su mayor capacidad para retener agua. Esto es de gran importancia para los países tropicales en donde la velocidad de transpiración es elevada.

Si se utiliza grava calcárea, la cual tiene un contenido muy elevado de calcio, ésta deberá ser tratada antes de usarse. El tratamiento consiste en dejarla reposar durante una semana en agua que contenga ácido sulfúrico. Por cada 350 litros de agua se pondrá un litro de ácido sulfúrico. Después de transcurrido este tiempo la grava está en condiciones de empleo. Esto se hace con la finalidad de que este material, rico en calcio, no precipite los fosfatos de la solución nutritiva

Las partículas deben tener un tamaño aproximado de 0.75 cm de diámetro, y deben estar libres de granos finos, ya que estos se acumulan en la parte inferior de las camas, ocasionando taponamientos.

Las camas se deben llenar a una altura de 18 a 20 cm. para la mayoría de las siembras y hasta con 25 cm de profundidad para plantas que contengan raíces profundas tales como las rosas, uvas, etc.

Se pueden hacer combinaciones de medios de soporte; por ejemplo en el método Bengal, el medio de soporte se compone de cinco partes de cuarzo de un tamaño de cuatro a cinco octavos de pulgadas y dos o tres partes de arena fina. Esta relación está sujeta a modificaciones; en climas fríos por ejemplo se puede incrementar el contenido de arena ya que la evaporación no es muy grande. En áreas desérticas en donde la evaporación es muy grande se puede aumentar el contenido de cuarzo en el medio de soporte para mantener mejor la humedad.

Una vez que se ha escogido el medio de soporte para las camas, el siguiente paso es esterilizarlo para evitar plagas y enfermedades en lugar de eliminarlas una vez que se han desarrollado. Para ello existen en el mercado sustancias como el bromuro de metilo, cloro, ácido sulfúrico y formaldehído los cuales cumplen muy bien con ésta función.

Debe hacerse notar que al manejar cualquiera de estas sustancias hay que tener mucho cuidado para evitar cualquier accidente. El uso correcto para cada una de ellas se detalla a continuación:

a) Bromuro de metilo.- Las camas se cubren con plástico y se aseguran las orillas con cinta masking para evitar fugas. La secuencia para fumigar se encuentra en las figuras 2.1 y 2.2 Si durante esta operación no hubiese quedado bien sellada la cama, se notaría inmediatamente por el olor tan fuerte característico de esta sustancia. Durante las siguientes 48 horas no deberá destaparse. Una vez transcurrido este tiempo se deja al aire libre durante 48 horas mas, al final de las cuales se podrá sembrar.

b) Cloro.- Se prepara una solución que contenga 415ml de cloro disueltos en 400 l de agua. Con esta solución se llenan las camas hasta que cubran bien la grava o el medio de soporte que se haya escogido. Se deja en reposo durante 48 horas. La cantidad de solución que debe prepararse dependerá del volumen de cada cama. Así por ejemplo un metro cúbico necesitará 500 l. de solución. El gas de cloro no debe usarse a menos que se esté familiarizado con su uso.

c) Acido Sulfúrico.- Se prepara una solución 1 a 1 de ácido sulfúrico (1 litro de agua con un litro de ácido sulfúrico)



Fig. 2.1

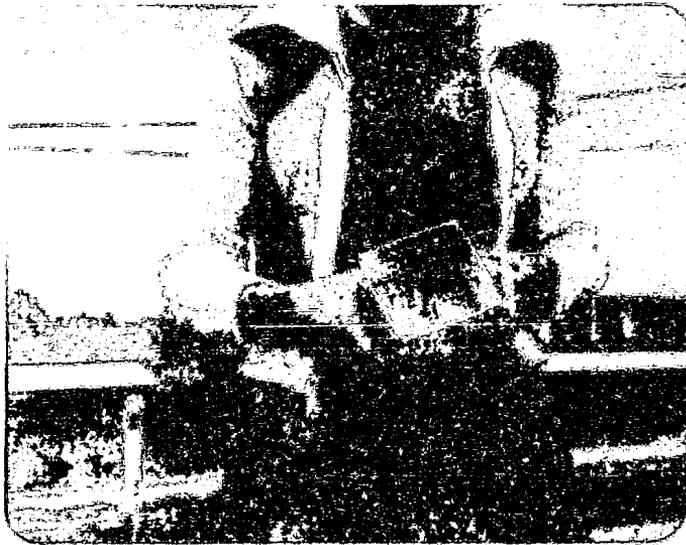


Fig. 2.2

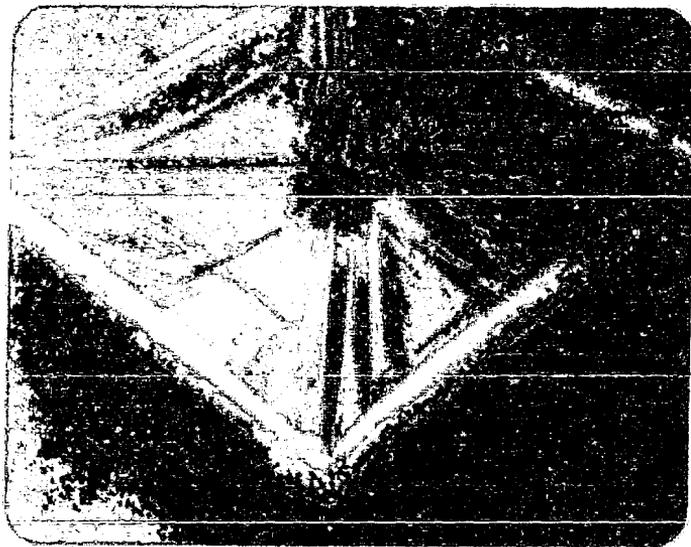


Fig. 2.2

co). La cantidad que se emplee dependerá del volúmen de las camas. El tiempo de reposo es de 24 horas. Después se lava con agua para quitar cualquier residuo de ácido.

d) Formaldehído.- Se llenan las camas y se dejan en reposo 48 horas teniendo cuidado de sellar bien cualquier salida y posteriormente se lavan llenando con agua las camas para eliminar cualquier cantidad que haya quedado allí.

C) INFLUENCIA DEL MEDIO AMBIENTE:

Antes de pasar a lo que es el tema de esta tesis se describirá brevemente cómo puede influir el medio ambiente.

TEMPERATURA:

Un factor de gran importancia tanto en el cultivo de suelo como en el hidropónico es la temperatura, sin embargo-este factor se puede controlar mejor en un cultivo hidropónico. Por ejemplo si se espera una baja de la temperatura de 1 o 2 horas, las camas se pueden llenar con solución o bien con agua para aumentar la temperatura del aire alrededor de la corona. Otro método consiste en bombear la solución varias veces durante las horas críticas.

El control de la temperatura en un invernadero es mucho mas sencillo ya que se puede automatizar, pudiendo de esta manera obtener cosechas fuera de temporada.

Cuando existe un exceso de luz solar entonces el mejor método es sombrear, no se recomienda tapar únicamente la grava ya que esta impediría el intercambio de aire y además puede causar un calentamiento posterior.

Si las instalaciones se encuentran a la intemperie se puede observar un aumento de temperatura hasta de siete grados y hasta a una profundidad de unos 2 o 3 cm. Esto puede ocasionar que las plantas jóvenes que no tienen su propia sombra se quemem, especialmente alrededor de la corona. Cuando se usa grava de color claro las diferencias de temperatura son menores; las gravas de color oscuro, al conservar mejor el calor, pueden hacer inclusive que germinen las semillas durante el invierno.

Si se desea aumentar la temperatura de la grava, se puede lograr por medio de energía eléctrica con cables que van por debajo de la cama, o bien por en medio de ella; sin embargo este método es muy caro. Un método que resulta más económico es calentar con vapor la solución nutriente y aislar el tanque de almacenamiento para prevenir pérdidas de calor.

Las soluciones almacenadas en tanques durante el invierno se enfrían demasiado y pueden causar daño. Si hay grandes diferencias entre la temperatura de la solución y la-

grava producirán daño a las raíces, pudiendo brotar raíces nuevas pero aún así la respiración será baja.

Algunas plantas no son afectadas por el clima frío, tales como la lechuga, brócoli, coliflor, chicharos, etc. ya que son plantas de temperatura baja y resisten temperaturas hasta de menos de dos grados centígrados; en cambio las plantas como el tomate, maíz, frijol etc. no resisten debido a que son plantas de temperaturas altas.

SOMBREADO:

La sombra hace que disminuya la intensidad de la luz y por lo tanto afecta la temperatura y la velocidad de transpiración. En áreas subtropicales se debe proporcionar sombra a las plantas jóvenes ya que las maduras producen su propia sombra.

Las siembras frutales tales como el jitomate, generalmente necesitan mas luz que las siembras vegetativas tales como la lechuga.

Un sombreado adecuado reduce la intensidad de la luz de un 25 a un 50%. En días luminosos la luz restante 75%-50%, permitirá un crecimiento normal y óptimo de la planta. La sombra debe ser removible de tal manera que en invierno también puedan obtenerse tales cosechas.

Si las camas se van a sombrear separadamente, en

tonces se deben sombrear de norte a sur de tal manera que reciban la sombra máxima a medio día y el máximo de la luz solar en la mañana y después del medio día.

LUZ:

La luz natural está compuesta de gran variedad de rayos. Experimentalmente se ha observado que la planta sintetiza mejor los carbohidratos con la luz azul y roja. La importancia de la iluminación es que proporciona la energía necesaria para transformar el dióxido de carbono en compuestos orgánicos a través de la clorofila que es el mecanismo mediante el cual se puede realizar este proceso. Poca luz provoca una actividad baja; mientras que la luz solar brillante ayuda a una reacción mas rápida. La cantidad de luz debe ser moderada ya que tanto flores como vegetales necesitan de descanso. Las plantas generalmente descansan durante la noche y un exceso de iluminación las puede quemar.

LUZ ARTIFICIAL.

La fotosíntesis se lleva a cabo tanto con la luz natural como con la artificial. Los tubos fluorescentes o lamparas comunes pueden proporcionar la iluminación necesaria. Sin tomar en cuenta su costo elevado, la luz artificial está jugando un papel importante en la producción de flores y ve -

getales cultivados en interiores muy especialmente para la producción de cosechas de "lujo" y parece que se incrementará en el futuro.

AIRE:

Las plantas toman gran cantidad de sus necesidades alimenticias del aire. Más del 40% de su materia seca está compuesta de carbono tomado del dióxido de carbono de la atmósfera. Este gas se difunde a través de las hojas para convertirse en carbohidratos mediante el proceso de fotosíntesis.

Otro proceso importante es la respiración. Nuevamente el oxígeno del aire se difunde a través de las hojas y espacios intercelulares y junto con el oxígeno derivado del agua y absorbido por las raíces, suplen los requerimientos de este por la planta.

AERACION DE LA RAIZ:

Una de las ventajas de la hidroponía es la de poder dar una buena aereación de la raíz para obtener mejores resultados. Las raíces reciben oxígeno tanto del aire que ha penetrado a través de las partículas del medio sustentante, como de la solución nutritiva que ya tiene disuelta en ella oxígeno.

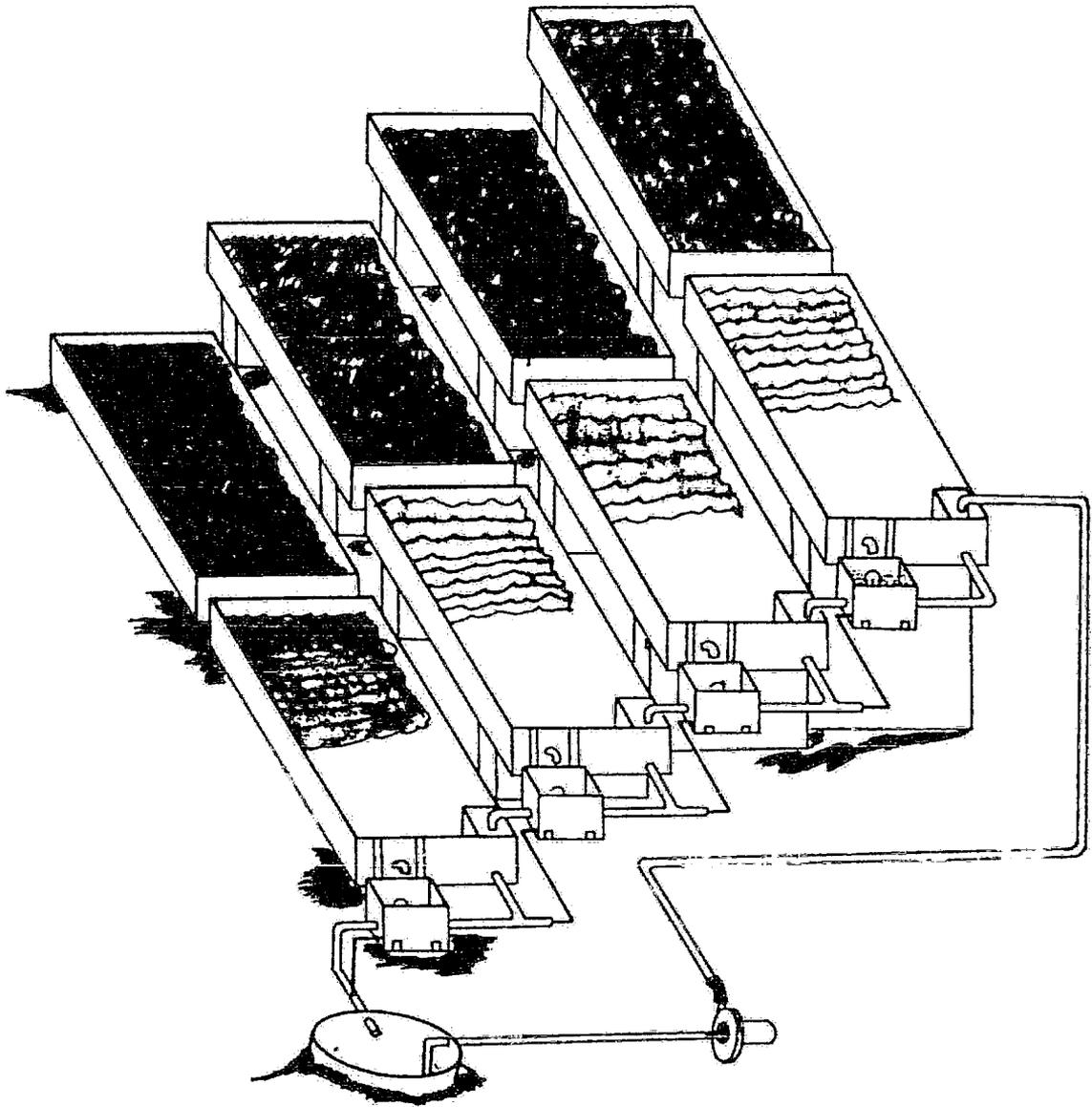


FIG. 2.3 .- Vista de una serie de camas hidropónicas .

no. La penetración de aire se aumenta a medida que la solución nutritiva es agitada, a su vez dicha solución vuelve a oxigenarse cuando va de regreso hacia el tanque de almacenamiento y principalmente cuanto tiene que caer de cierta altura, proceso mediante el cual el aire queda atrapado entre las moléculas de la solución nutritiva. Generalmente el contenido de aire es medido como el contenido de oxígeno. Deben hacerse pruebas para determinar el contenido de oxígeno únicamente si se sospecha que la solución no está bien aerada, observándose esto en irrigaciones de tipo terraza en las cuales, la terraza superior es la que se aerea mejor ya que recibe la solución nutritiva directamente del tanque de almacenamiento; en cambio las que se encuentran abajo, reciben una solución con una menor cantidad de oxígeno, notándose claramente esto en la cosecha, ya que existen algunos nutrientes que la planta no puede aprovechar si no tiene oxígeno. Un ejemplo de ello lo constituye el boro, el cual en ausencia del oxígeno se encuentra inactivo y por lo tanto no se encuentra disponible para la planta.

SOPORTE PARA LAS RAICES:

Las raíces necesitan un soporte firme con humedad suficiente sin llegar a una saturación y mucha aereación. Las

raíces necesitan respirar al igual que las hojas. Es importante que sus coronas tengan bastante oxígeno del aire. Por estas razones un buen medio de soporte no solo debe sujetarlas y ser poroso, sino también capaz de retener la humedad durante algún tiempo.

DIOXIDO DE CARBONO:

Existen evidencias que el dióxido de carbono que se encuentra en la atmósfera, es un factor limitante en los cultivos hidropónicos. Se demostró experimentalmente al cosechar el pepino en los invernaderos, que bajando el contenido de dióxido de carbono en un 25%, se observaba una disminución en la producción. En invernaderos en donde se colocaron sustancias capaces de descomponerse para producir dióxido de carbono, mostraron mejores rendimientos.

Uno de los problemas principales con que se tropieza, es medir el contenido de CO_2 existente en el aire; para ello existen equipos de precisión (analizadores infrarrojos), pero resultan muy costosos. Existen otros equipos como las bombas de gas, en las cuales el aire fluye a través de un tubo que contiene una solución que cambia de color según la concentración de dióxido de carbono, y aunque no son muy precisos, son bastante económicos.

El dióxido de carbono se puede adicionar de varias maneras, una de ellas es a través de cilindros que tienen un control automático que indican la cantidad que ha sido agregada. Otro método que resulta aún más económico es el de quemar keroseno, carbón o desechos combustibles de alguna fábrica; sin embargo en estos casos hay que tener sumo cuidado con la eliminación de gases tóxicos tales como el dióxido de azufre.

Si el dióxido de carbono es aplicado por medio de cilindros, se procede a distribuirlos a través de tuberías de plástico colocadas a lo largo de las camas, con pequeñas aberturas, separadas 25 cm. entre ellas, lo que permitirá cubrir el requerimiento. La cantidad y la frecuencia del dióxido de carbono adicionado se pueden controlar mediante relojes automáticos.

La cantidad óptima de dióxido de carbono requerido para la mayoría de las plantas es de 0.08% a 0.12% dependiendo de la intensidad de la luz, humedad, espacios, etc. Se sabe que algunas plantas tales como el pepino, las rosas y las lechugas requieren de una cantidad extra: mientras que para el cultivo de los claveles no se han observado efectos. Desafortunadamente aún no hay suficientes datos como para precisar las cantidades exactas.

VIENTO

Es importante proteger los cultivos de los vientos en granjas que se encuentran a la intemperie y muy especialmente en lugares de zonas áridas, ya que en estos lugares las velocidades del viento son mayores debido a que no encuentran obstáculos que los detengan. El sistema más práctico y económico para reducir la velocidad del viento, consiste en poner una protección de malla de alambre alrededor del terreno en donde se encuentra el cultivo. Si la velocidad del viento es muy alta aumenta la transpiración y puede producir daño mecánico en las hojas, además de que provoca cambios en la temperatura alrededor de la planta. En los trópicos las brisas son beneficiosas ya que reducen la humedad relativa alrededor de las plantas.

LLUVIA:

Si el drenado es eficiente la lluvia no provocará daño a los cultivos hidropónicos, sin embargo los nutrientes se lixiviarán de la grava, diluyendo la solución. Si el agua cayera en exceso, entonces deberá cerrarse la llave del tanque de almacenamiento y drenar separadamente las camas; cuidando de volver a poner solución nutriente a las camas después de una lluvia fuerte. Para temporadas de lluvia se recomienda el uso de una solución nutriente más concentrada.

HUMEDAD:

En algunos lugares la humedad es controlada por medio de rociadores automáticos, sin embargo en la producción de vegetales no se hace necesario tal sistema, ya que la grava humedecida de la cama proporciona la humedad suficiente.

D) INFLUENCIA DEL AGUA.

El agua también es muy importante en la hidroponía; es uno de los factores que pueden hacer que una siembra no se coseche con los rendimientos que debiera, o bien, si no se tiene el suficiente cuidado, produce su muerte; razón que justifica su estudio en forma particular.

En la hidroponía el control del agua abarca los siguientes aspectos:

- a) Adición del agua a la solución nutritiva
- b) Frecuencia de los riegos
- c) Períodos de riego y drenado
- d) Tiempos de irrigación
- e) Nivel de irrigación

Para poder mantener la solución nutritiva con la concentración adecuada, es necesario agregar agua a la solución cada dos o tres días. Solamente cuando las plantas sean jóvenes o bien en época de invierno esta reposición se

puede llevar a cabo cada semana. Como regla general una solución no debe ser alterada mas de un 10%, por lo que se le podrán adicionar a 1000 litros de solución nutriente únicamente 100 litros de agua. Después de haber agregado el agua, se debe comprobar el pH de la solución nuevamente.

Una consecuencia de la evaporación y la absorción del agua por la planta, es el hecho de que la solución nutritiva deja de ser homogénea entre cada una de las partículas del medio de soporte. Esto ocasiona una diferencia de concentraciones. Si la concentración de las sales cerca de la planta es muy alta, el crecimiento de la misma se detiene hasta que se efectúe el riego siguiente, es por ello que los intervalos entre los riegos deben ser regulados de acuerdo a la estación del año y la fase de crecimiento de la planta, para facilitar su desarrollo. Un riego muy frecuente detiene también el crecimiento de la planta, aún en primavera en la cual la velocidad de transpiración es elevada. En este caso el riego produce marchitamiento por exceso de agua, ya que las plantas reciben poco oxígeno y como consecuencia su capacidad de absorción disminuye.

La irrigación también depende de otros factores tales como la naturaleza del sustrato, el tamaño de la partícula y la porosidad del material, ya que si es poroso, la humedad

permanece más tiempo.

Las plantas maduras generalmente requieren más agua que las jóvenes. Las semillas necesitan mas riegos debido a que sus raíces tienen sistemas tan pequeños que no pueden utilizar el contenido de agua del sustrato. Los requerimientos de agua difieren según las especies; los pepinos por ejemplo, necesitan mas agua que los tomates, o la lechuga, en cambio los claveles necesitan menos agua que los tomates. Estos factores junto con los de temperatura, humedad, velocidad de viento y lluvia dan la información necesaria para la determinación de los tiempos de riego y su frecuencia.

Cuando el agua que se utiliza es salina, el factor más importante es la presión osmótica de la solución. Una solución fresca recién bombeada con una presión osmótica de 2 a 2.5 atmósferas se concentrará mas rápidamente. Su presión osmótica puede llegar hasta un valor de 3 a 3.5 atmósferas. En tales soluciones la planta apenas si puede tomar agua de ellas de tal manera que aunque la grava esté mojada no hay agua suficiente disponible para la planta y se hace necesario un nuevo riego.

Cuando se riegan las camas con la solución nutritiva, la solución va llenando los espacios vacíos entre las partículas de grava. Estos espacios se encontraban más llenos

de dióxido de carbono que de oxígeno en relación a las concentraciones que existen en el aire. Al regresar la solución al tanque de almacenamiento, los espacios entre las partículas de grava se vuelven a llenar con aire nuevo, el cual tiene una composición diferente a la del aire que salió al llenar las camas con la solución nutritiva. Según la frecuencia de irrigación es también la frecuencia del cambio de aire. Los mejores rendimientos para la mayoría de las cosechas se han encontrado para un período de bombeo de 10 a 15 minutos y un período de drenado de 15 a 30 min. Para períodos de drenado mayores de 30 minutos se observa una disminución en el rendimiento.

Cuando se tiene un drenado completo, es decir que no queda agua en las camas, los resultados son óptimos. Si el agua que queda tiene una profundidad de dos o tres centímetros tampoco es problema ya que esta será renovada después de cada operación de riego. Únicamente en ciertas condiciones deberá permanecer la cama a medias o llena durante todo el día. Estos casos son por ejemplo, sembradíos jóvenes y algunos sembradíos en días calurosos; sin embargo durante la noche las camas se deberán vaciar completamente.

Los riegos de las camas se deberán espaciar de tal manera que no estén demasiado húmedas al anochecer. No es recomendable hacer un riego después de media tarde; la explica-

ción a esto es muy sencilla: La fotosíntesis es un proceso en el cual la planta por medio de la clorofila utiliza la luz natural para convertir las materias primas (agua y dióxido de carbono principalmente) en azúcares y carbohidratos. Por lo que durante todo el día la planta absorbe CO₂ por medio de la fotosíntesis elimina oxígeno. Durante la noche el proceso se invierte y la planta toma oxígeno y elimina dióxido de carbono. El dióxido de carbono es eliminado a través de las hojas y la raíz. Si la raíz estuviera muy mojada interferiría con su metabolismo. Por ello si solamente es necesario un riego diario, la mejor hora para hacerlo es alrededor de las diez de la mañana. Si se requiere de dos riegos diarios estos deberán hacerse entre las 8 y las 10 de la mañana y entre las 12 y 2 de la tarde. Si fuera necesario hacer tres riegos diarios estos se harían entre las 7 y 9 hrs., 10 y 12 hrs. y 14 y 16 horas.

Durante el invierno un riego cada tercer día será suficiente. Por el contrario durante el verano se necesitarán 3 o 4 riegos diarios. En los primeros días de un transplante o bien si se trata de semillas se requerirán de dos o tres riegos diarios aún durante el invierno. Para un transplante en zonas calientes se deberán llenar las camas durante todo el día con agua o una solución nutriente diluída.

El nivel al cual se deben llegar durante la irrigación dependerá de la profundidad del sustrato y de la fase de crecimiento de la planta. Así pues se observa que para las plantas jóvenes, las camas se llenarán hasta la parte superior del sustrato; en las plantas maduras en cambio, se riegan hasta tres centímetros antes de la superficie del sustrato, por lo que la superficie del sustrato siempre permanece seca, evitando así las enfermedades de las raíces y daños en partes sensibles de la corona.

No será necesario tomar medidas especiales si el sustrato se llegará a tapar ocasionalmente, ya que las sales que se acumulen en la superficie son muy pocas como para causarle daño a la planta.

Preparación y Efectos de las Soluciones

Después de haber tratado algunas generalidades de hidroponía se establecerá como es que las plantas reciben su alimento de la solución nutritiva y como cada elemento ejerce su efecto en la estructura de la planta.

En primer lugar es necesario saber que la solución nutritiva consisten en sales minerales disueltas en agua. Dependiendo de la necesidad que tiene la planta de cada nutriente, se clasifican en macronutrientes que son los iones de los cuales la planta recibe su mayor beneficio y que se consumen en mayor cantidad y micronutrientes, aquellos que se consumen en cantidades

muy pequeñas.

Entre los más importantes se encuentran los siguientes:

Macronutrientes.- Carbono, oxígeno, hidrógeno, sulfatos, fosfatos, nitratos, potasio, calcio, magnesio y sodio.

Micronutrientes: - Hierro, manganeso, zinc, cobre, molibdeno, cloruros, boratos, etc.

Algunos elementos no se obtienen de la solución nutritiva por ejemplo, el carbono la planta lo obtiene del dióxido de carbono de la atmósfera; durante la fotosíntesis la planta aprovecha el hidrogeno y el oxígeno del agua y para la aereación de la raíz utiliza el oxígeno que queda ocluído entre las partículas del medio de soporte.

Las plantas pueden crecer durante un pequeño período de tiempo en una solución que contenga macroelementos aún cuando las proporciones de éstos estén equivocadas por ejemplo que la solución contenga mas fósforo que nitrógeno o mas calcio que potasio; sin embargo las plantas morirían si alguno de estos elementos llegara a faltar. Por esta razón la composición de la solución nutriente deberá basarse en el conocimiento de las necesidades de la planta.

De acuerdo a sus necesidades cuantitativas los elementos se ordenan de la siguiente manera: nitrógeno, potasio, fósforo, calcio, magnesio, azufre, hierro, manganeso, boro, cinc, cobre y molibdeno; sin embargo algunas plantas que tienen un conte

nido protéico bajo requieren de mas potasio que nitrógeno.

No existe una fórmula fija para una solución nutriente, ya que esta depende de los siguientes factores:

- a) Del clima y la estación del año
- b) De la calidad del agua
- c) De la fase de desarrollo de la planta
- d) La parte de la planta que está en crecimiento ya sea flor o fruto.

Se han hecho publicaciones de diferentes tipos de soluciones; como ejemplos de ellas se tiene:

- a) La solución nutriente básica de Gerickes Ref. 20.
- b) La " " " " Truffaut y Hampe Ref. 22.
- c) " " " " Del autor del libro- Sand & Water Culture. Ref. 22.

Las cuales han tenido buenos resultados y han dependido invariablemente del clima, de las especies estudiadas etc. Al final de este trabajo se incluyen tablas que contienen la información necesaria para preparar una solución nutritiva adecuada. En las tablas 26 y 27 se incluyen las soluciones presentadas por Gericke, Traffaut y Hampe y las que se encuentran en el libro Sand and Walter Culture.

EL AGUA EN LAS SOLUCIONES HIDROPONICAS:

Es de gran importancia tomar en cuenta la composición - del agua en la preparación de soluciones, ya que esta varía de -

acuerdo a la región, por lo que es necesario hacer un análisis para determinar el contenido de sales presentes y la cantidad exacta que debe agregarse de cada nutriente. El cloro que se le adiciona al agua para desinfectarla no cambia el contenido de sales de ésta ni tampoco afecta al cultivo siempre y cuando no esté en concentraciones muy elevadas.

Debe tomarse en cuenta el grado de contaminación del agua que se va a utilizar. Si el contenido de calcio y magnesio es elevado, se trata de agua dura y es necesario tomar en cuenta la concentración de estos elementos en la preparación de la solución nutritiva. La mayoría de aguas potables para el hombre no dañan las plantas; pero si el agua que se tiene disponible contiene una gran cantidad de cloruros y sulfuros, no deberá emplearse para preparar la solución nutritiva ya que actúan en la planta como venenos. Por otra parte si el agua contiene muchos bicarbonatos estos impedirán la absorción del fierro por la planta. Debe evitarse el uso de aguas industriales ya que contienen fenol y otros compuestos dañinos para la planta.

Se pueden considerar aguas normales aquellas que contienen menos de 50 - 700 ppm de sales totales. Estas se pueden emplear sin hacerles correcciones especiales; es decir, que se pueden considerar como puras. Las aguas que contienen de 700 a 3000 ppm de sales totales también pueden ser utilizadas pero deben tomarse ciertas precauciones al elaborar la solución nutritiva para evitar excesos de algún nutriente, sólo deberá adicionar

se la cantidad de iones que le hacen falta. Si el agua que se tiene disponible contiene mas de 3000 ppm de sales totales, no podrá ser utilizada a menos que se haya comprobado experimentalmente que funciona para algún cultivo en especial.

Una vez que se ha determinado el tipo y la calidad del agua entonces se procede a la preparación de la solución nutritiva. Para aguas normales las cantidades de sales que se deben adicionar se muestran en las tablas 3,5 y 6. Las tablas 3 y 6 muestran las composiciones de las soluciones usadas en diferentes partes del mundo; proporcionan información de como variar las sales de acuerdo con su disposición y precio. Las tablas 7, 8 y 9 traen una lista de las diferentes sales que se utilizan como nutrientes; datos sobre su contenido en nutriente peso molecular, solubilidad y formas de almacenamiento. Es de tomarse en cuenta el contenido de sales que se encuentran como impurezas. El contenido del nutriente también se toma en cuenta dependiendo del lugar de manufactura, esto es importante sólo si se llegara a cambiar de lugar la fuente de suministro de dichas sales y será necesario hacer un análisis para verificar el contenido nutriente de la nueva fuente.

INFLUENCIA DEL pH

Se define como pH al logaritmo decimal negativo de la concentración de iones hidrógeno, $pH = -\log [H^+]$ el cual indi-

ca el grado de acidez o alcalinidad de una solución.

En química conocer el pH de una solución es muy importante ya que con una pequeña variación del pH, se provocan reacciones muy diferentes a las que se esperaban. La escala del pH varía de 1 al 14. Una solución con pH de uno es sumamente ácida y por el contrario, una solución con un pH de 14 es muy alcalina. El agua se considera neutra y tiene un pH de 7. Con unas gotas de ácido por ejemplo, ácido sulfúrico deja de ser neutra para pasar a ser ácida. Si en lugar de ácido se le agregan unas gotas de solución de sosa, el agua se tornará básica.

En la hidroponía es necesario revisar periódicamente el pH cada 4 días y cada diez días los nutrientes. Las razones que justifican esta revisión son muy importantes para el buen desarrollo de las plantas; ya que, de acuerdo al pH de la solución será la solubilidad de las sales y la permeabilidad de la membrana del protoplasma celular de la planta. Una solución ácida o básica daña las raíces de las plantas; una solución alcalina inhibe la absorción de algunos macroelementos y de microelementos como el fierro y el manganeso. Una solución ácida disuelve demasiado al fierro ocasionando un daño en las raíces de las plantas, provocando como primera manifestación un amarillamiento de las raíces, seguido de clorosis (amarillento de las hojas).

En una solución que tiene un pH de siete se observa que se encuentran disponibles para la planta los fosfatos, sulfatos, calcio y magnesio. Sin embargo el fierro se encuentra disponible solamente a la mitad de su concentración. Algo similar ocurre con el manganeso, boro, cobre, cinc y molibdeno.

Si se tiene un solo tipo de cosecha habrá que ajustar el pH de acuerdo a las necesidades de esa planta. Para la mayoría de las plantas el pH debe oscilar entre 6 y 7. Si la solución estuviera muy alcalina agregando unas gotas de ácido se lograría bajar la alcalinidad; 3 gotas de ácido por cada cuarto de litro de solución bajarán el pH en medio punto.

Gerickes recomienda dos indicadores para probar el pH de la solución: verde de bromocresol y rojo de fenol. Si la solución nutriente es ácida el primer indicador cambia de amarillo a café. Si la solución nutriente es básica el segundo indicador se torna azul fuerte. Un color amarillo verdoso indica que el pH de la solución es aproximadamente seis.

Troffaut y Hampe utilizaron un indicador compuesto de: azul de timol 0.005 g, rojo de metilo 0.012g, azul de bromotimol 0.05 g, fenolftaleína 0.1g, y alcohol del 95% 100g. Unas cuantas gotas de este indicador tiñen la muestra a una coloración verde-amarilla, para un pH de 6.5. Si la solución es ácida cambia de amarillo anaranjado a rojo y si es alcalina de verde a azul.

En el capítulo 4 se describen mas ampliamente las pruebas que se pueden hacer para conocer el pH de la solución.

PREPARACION DE SOLUCIONES CON AGUAS NORMALES

Existen tres tipos de soluciones nutritivas.

a) Concentración sencilla.- En un litro de solución se encuentran los nutrientes en concentraciones tales, que se observa un crecimiento óptimo de la planta.

b) Concentraciones dobles.- Un litro de solución contiene el doble de sales que una concentración normal.

c) Mitad de concentración.- La misma cantidad de sales que se utilizan para una solución normal se encuentran diluidos en dos litros de agua.

La elaboración de este tipo de soluciones se hace en base a los siguientes factores:

En el invierno las pérdidas de agua por transpiración y evaporación disminuyen, por lo que se utilizan las soluciones de doble concentración. Por otro lado en verano, las pérdidas de agua por transpiración y evaporación son altas, por lo que se usarán las soluciones que contienen la mitad de sales. Se pueden hacer soluciones triples o aún mayores si es que fuesen necesarias.

Al preparar las soluciones nutritivas se deben anotar

toda clase de adiciones, cambios o alteraciones, fecha, razones del cambio y cualquier tipo de información que indique la razón por la que se hizo, ya que una falta o exceso de cualquier nutriente mientras que los demás permanecen en las concentraciones adecuadas, no afecta el crecimiento normal de la planta; sin embargo como las plantas absorben los nutrientes en proporciones diferentes a aquellas que se utilizan para preparar soluciones, éstas saldrán fuera de las especificaciones en pocas semanas. Tales soluciones son más dañinas que las soluciones que se encuentran muy débiles. Por la misma razón es necesario mantener el nivel en un 90% del original, ya que pudiera ser que en alguna etapa del crecimiento de la planta, ésta no estuviera tomando alguno de los elementos. Al bajar el nivel del agua a la mitad, la concentración de ese elemento sería el doble. Es preferible regar las camas con agua simple en lugar de hacerlo con soluciones con las características anteriores.

Las plantas absorben algunos nutrientes tales como el magnesio, solamente si se encuentran presentes en concentraciones mayores a las que necesita; por lo que existen soluciones que contienen cantidades estables de algunos elementos y cantidades variables de otros. Entre los variables se encuentran el nitrógeno, el fósforo y el potasio. Cuando la planta se encuentra flo^oreando o bién dando fruto, un contenido elevado de nitrógeno dará un buen crecimiento vegetativo.; por otro lado una deficiencia de nitrógeno ocasionará un crecimiento muy lento.

Los pasos a seguir en la preparación de soluciones nutritivas son los siguientes:

1.- Pesado de las sustancias: Al pesar los macronutrientes es necesario que solo tengan un error de 3 al 5%. Si se desean pesar 100g de macronutrientes, el 3% serían 3 por lo tanto el rango de pesada será entre 97 y 103g; si solamente se desean 10 g será mas difícil hacerlo porque el peso deberá caer entre 9.7 y 10.3g.

2.- Llenado del tanque de almacenamiento.

3.- Ajuste del pH ya sea con ácido sulfúrico o con hidróxido de potasio: una solución básica solo se podrá usar si se requieren pequeñas cantidades de nutrientes.

4.- Rociado del agua con superfosfato o sulfato de calcio.

5.- Batido y recirculado durante un minuto sin bañar las camas.

En granjas muy grandes se utilizan toneladas de nutrientes: en estos casos lo que se hace, es pasar el agua que se empleará en la preparación de la solución nutriente al tanque de almacenamiento, ajustar el pH agregando ácido sulfúrico ó hidróxido de potasio según sea necesario y posteriormente agregar las sales de fosfato de calcio, que son las mas insolubles y después en el orden que se quiera las sales restantes. La disolución se facilita si se bombea la solución a través de las tuberías sin

mojar las camas.

6.- Adición de otros macroelementos.

7.- Repetir el bombeado y agitación.

8.- Ajuste del pH

9.- Adición de micronutrientes: Para ello se puede consultar la tabla No. 5 del capítulo 5 en donde se indican los gramos de cada sustancia que se deben adicionar para la preparación de 1000 litros de solución nutritiva.

Las soluciones de fierro, especialmente las que se preparan con sulfato ferroso, deben protegerse de la luz ya que son muy sensibles a ella y se deberá reponer cada cuatro o cinco días en forma completa ya que precipitan fácilmente por la acción de los fosfatos que se encuentran presentes en la solución nutritiva. Para suplir al fierro se pueden adicionar secuestrantes. En este caso se disolverán 15 g de secuestrante 330 (10% de fierro) o -- bién 25g de secuestrante 138 (6% de fierro) por cada 1000 litros de solución nutritiva.

10.- Nuevamente agitación y recirculado de la solución nutritiva. Una vez hecho lo anterior la solución nutritiva ha quedado preparada; sin embargo es posible que después de la primera irrigación sea necesario un reajuste del pH.

Sí no se pueden hacer pruebas químicas a la solución nutritiva esta deberá cambiarse cada 4 o 5 semanas y si la solución se preparó con agua salina, cada 3 o 4 semanas.

PREPARACION DE SOLUCIONES CON AGUAS SALINAS

Se consideran aguas salinas aquellas que contienen más de 500 ppm de sales disueltas en ella. Existen aguas salinas que contienen hasta 1500 ppm. Un exceso de sales puede traer efectos adversos para la planta. Estos efectos se dividen en cuatro categorías:

1.- Un efecto general que ocasiona el aumento de la presión osmótica de la solución.

Osmosis es el paso de agua de un área con una concentración menor de sales a otra area de concentración mayor a través de una membrana semipermeable. La epidermis de la planta o la raíz de la misma tiene una membrana osmótica. Un exceso de fertilizante ocasiona quemaduras en la planta debido a que la solución nutritiva tiene una concentración de sales muy elevada cerca de la raíz. Cuando se limita el suministro de agua, las sales se concentran y absorben agua de la parte interior de la planta a través de la membrana osmótica de la raíz por lo que la planta se seca y muere.

2.- Efectos tóxicos causados por iones individuales cuando están presentes en cantidades excesivas.

3.- Efectos tóxicos causados por nutrientes aún cuando se presentan en cantidades pequeñas.

4.- Interferencia con la absorción y por lo tanto los problemas ocasionados por un desajuste iónico.

Tomando en cuenta que cualquiera de estos cuatro efectos es muy perjudicial para la planta, se requiere entonces de un ajuste de tales aguas a una concentración normal.

El agua salina tiene disuelta en ella sales que no están dentro de los rangos que se necesitan; ajustar un agua así, significa adicionar los elementos que son necesarios. En la tabla 3.1 se presenta el análisis de un agua salina.

TABLA 3.1

COMPOSICION DEL AGUA SALINA DURANTE LA PRIMAVERA

SALES	CONCENTRACION mg/l
Cloruros	700-900
Sulfatos	600-1000
Sodio	400-500
Calcio	350-450
Magnesio	120-180
Sales totales	2500-3500
Presión osmótica	1.5-1.9 atmosferas

De acuerdo con los datos de la tabla anterior se puede observar que el agua contiene mas del doble de sales de calcio magnesio y sulfatos. Contiene mas de 40 veces la cantidad de cloruros, de los cuales, solamente unos cuantos miligramos son requeridos, además el contenido de sodio que no es nutriente es

muy elevado. Precipitar el exceso de estas sales no es posible: por lo que para ajustarla es necesario agregarle mas sales de nitrógeno fósforo y potasio, permaneciendo iguales las sales de calcio magnesio y los sulfatos.

En la tabla 3.2 se encuentra la composición final del agua salina anterior.

TABLA 3.2

NUTRIENTES ADICIONADOS AL AGUA SALINA	
Nutrientes	Cantidad adicionada en g/1000 l.
Nitrato de potasio	900-1100
Superfosfato triple	200-300
Sulfato de amonio	60
Sulfato ferroso	8-10 (cada 2 o 3 días)
Acido bórico	1.5
Sulfato de manganeso	1.5
Sulfato de cinc.	0.5
Sulfato de cobre	0.5

Existen plantas que pueden alimentarse con soluciones nutritivas preparadas a partir de aguas salinas. Dichas plantas presentan una resistencia especial para poder vivir de esas soluciones nutritivas entre ellas están los claveles, el tomate, el pepino y la lechuga, sin embargo el uso de agua salina es

muy limitado. La germinación de semillas en aguas salinas es también más difícil. Las semillas del tomate por ejemplo tardan hasta un 20% de tiempo más en germinar.

Al usar agua salina en la preparación de soluciones, se observa una disminución del rendimiento de un 10 a un 25%. En el caso del tomate se considera costeable si la disminución no pasa de un 20%. En Arabia se cultivó tomate y lechuga con agua salina de 3000 ppm y se observó que el rendimiento bajo de un 10-15%; mientras que con la misma agua no se observó ningún efecto en los claveles.

Al usar este tipo de aguas también se observa el efecto causado por la presión osmótica de la solución. Algunos autores opinan que el acumulamiento de sales, no tiene nada que ver con la absorción del agua, sin embargo esta opinión no está muy generalizada. Una presión osmótica de diez atmosferas aplicadas por período cortos no es tan dañina como una presión osmótica de unas 4 o 5 atmósferas aplicada en forma constante. Bajo estas condiciones lo indicado es aumentar el riego de estas plantas, ya que la absorción del agua es menor.

La salinidad afecta la absorción de otros elementos por ejemplo una concentración elevada de sulfatos motiva a la planta a absorber sodio (llevandola a intoxicarse con sodio); disminuye la absorción de calcio (apareciendo síntomas de deficiencia de este elemento); e interfiere también con la absor -

ción de potasio. Ciertas plantas disminuyen su capacidad para absorber mas fierro por lo que se hace necesario aumentar la concentración del mismo.

La toxicidad debido al sodio y a los iones cloruro - afecta principalmente a las uvas, fresas y rosas. Estos elementos se acumulan en los tejidos de las plantas.

Ventajas del uso del agua salina en la preparación de soluciones nutritivas.

No todos los efectos que ocasiona el agua salina son adversos; los pepinos y los tomates que se cosechan en aguas salinas tienen un sabor mas dulce que los que se cosechan en aguas normales. Las cabezas de las lechugas son mas fuertes y los clavos son mas durables. Además las plantas que crecen con aguas salinas aumentan su tolerancia al cobre y al cinc, de tal manera que estos pueden estar presentes en cantidades tóxicas sin que les causen daño.

PREPARACION DE UNA SOLUCION NUTRIENTE.

A continuación se presenta un ejemplo de como preparar 1000 l. de solución nutritiva partiendo de agua normal.

Agua empleada en la solución: 1000 litros.

Sales que se deberán agregar:

Sulfato de amonio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	280 g.
Sulfato de magnesio MgSO_4	310 g.
Fosfato monopotásico KH_2PO_4	310 g.
Nitrato de potasio KNO_3	300 g.
Nitrato de calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	620 g.

Análisis de los nutrientes según la composición anterior

Sulfato de amonio: Concentración

$$280\text{g}/1000 \text{ l} = 280 \text{ 000 mg}/1000 \text{ l} =$$

$$280 \text{ mg}/\text{l} = 280 \text{ ppm (partes por millón).}$$

Peso molecular (P.M.) = 132.5 de la tabla 7

cantidad de amonio =

$$18 - 132.15$$

$$x - 280 \text{ ppm} \quad x = 38.13 \text{ ppm}$$

Peso molecular del amonio = 18 según tabla 10

Cantidad de sulfatos =

$$\text{P.M. Del } \text{SO}_4 = 96$$

$$96 - 132.15$$

$$x - 280 \text{ ppm}$$

$$x = 203.40 \text{ ppm}$$

- Sulfato de magnesio: Concentración.

$$310\text{g}/1000 \text{ l} = 310 \text{ 000 mg}/1000 \text{ l} =$$

$$310 \text{ mg}/\text{l} = 310 \text{ ppm.}$$

P.M. del sulfato de magnesio = 120.39 tabla 10

Cantidad de magnesio =

P.M. del magnesio = 24

24 - 120.39

x - 310 ppm

x = 61.799 ppm

Cantidad de sulfatos =

P.M. del sulfato = 96

96 - 120.39

x - 310 ppm

x = 247.19 ppm

- Fosfato monopotásico: Concentración.

Se hace lo mismo que en los casos anteriores y se llega a una concentración de 310 ppm.

P.M. del fosfato monopotásico = 136.09

Cantidad de potasio =

P.M. del potasio = 39

39 - 136.09

x - 310 ppm.

x - 88.8 ppm de potasio

Cantidad de fosfato =

P.M. del fosfato = 94

$$94 - 136.09$$

$$x - 310$$

$$x = \frac{94 \times 310}{136.09} = 213 \text{ ppm de fosfato}$$

- Nitrato de potasio: Concentración.

$$300 \text{ ppm}$$

$$\text{P.M. del nitrato de potasio } 101.1$$

Cantidad de potasio =

$$\text{P.M. del potasio } = 39$$

$$39 - 101.1$$

$$x - 300 \text{ ppm}$$

$$x = 115.8 \text{ ppm de potasio}$$

Cantidad de nitrato =

$$\text{P.M. del nitrato } = 62$$

$$62 - 101.1$$

$$x - 300 \text{ ppm}$$

$$x = 184.8 \text{ ppm de nitrato}$$

- Nitrato de calcio: Concentración

$$620 \text{ ppm}$$

$$\text{P.M. del nitrato de calcio } = 164$$

Cantidad de calcio =

$$\text{P.M. del calcio } = 40$$

$$40 - 164$$

$$x - 620 \text{ ppm}$$

$$x = 151 \text{ ppm de calcio}$$

Cantidad de nitrato =

P.M. del nitrato = 62

62 - 164

x - 620 ppm

x - 234.4 ppm de nitrato

Sumando las cantidades de cada nutriente, se tiene la siguiente tabla:

TABLA 3.3
CONCENTRACION DEL RANGO OPTIMO
(Tabla 2 cap. 5)

CONCENTRACIONES OBTENIDAS		
Amonio	38.13 ppm	0 a 40 ppm
Magnesio	61.799 ppm	25 a 75 ppm
Fosfato	213.06 ppm	91.98 a 275.94 ppm
Calcio	151 ppm	150 a 400 ppm
Nitrato (total)	419.2	300 a 900 pp
Sulfato "	450.59	200 a 1000 ppm
Potasio "	204.6	200 a 400 ppm.

Como se podrá observar una solución nutritiva preparada con las cantidades que se señalan anteriormente, para un volumen de 1000 litros tiene la concentración de cada nutriente dentro del rango óptimo.

COMPOSICION MINERAL DE LAS PLANTAS

Un análisis químico muestra la presencia de varios elementos. Los que se encuentran en grandes cantidades se denominan macronutrientes y los que están en pequeñas cantidades se denominan micronutrientes.

Este conocimiento es de enorme importancia en la hidroponía, pues al conocer el hombre los elementos y sustancias que intervienen en la composición de las plantas y por lo mismo, los que más necesitan para un buen desarrollo, podrá proporcionárselos en mayor abundancia y por consiguiente, obtener mejores cultivos y cosechas más ricas.

Al disolver en agua (de preferencia destilada) los elementos químicos que el análisis ha demostrado ser componente de la materia vegetal, se obtienen las soluciones nutritivas. Si en estas soluciones se suprime alguno de los componentes, con objeto de averiguar los efectos que su ausencia provoca, el resultado será el conocimiento de la función de cada nutriente. De esta manera, al no haber cambio alguno indica que no es importante para el desarrollo de la planta. Por otro lado si la planta muere significa que es vital para su desarrollo.

A continuación se describen los papeles que cada nutriente desempeña en la vida de la planta.

NITROGENO

Es extremadamente importante para la producción de proteínas por la planta. Promueve el crecimiento de las hojas y de los tallos; produce un buen follaje y una apariencia sana. De todos los elementos el nitrógeno es el que se utiliza en mayor proporción. Debido a su movilidad, el nitrógeno se transporta de las hojas viejas a las jóvenes, es por esta razón que al haber una deficiencia de este elemento las hojas más viejas sean las primeras que lo muestren.

FOSFORO

Este elemento se acumula más en los frutos y los tejidos jóvenes. Estimula la producción de flores y frutos y fortalece el crecimiento de las raíces; influye en el proceso de maduración y generalmente produce una mayor calidad de fruto. Únicamente se encuentran disponibles para la planta los fosfatos disueltos; por lo que es muy necesario tener cuidado al preparar las soluciones nutritivas para evitar su precipitación.

POTASIO

Este elemento se encuentra principalmente en los puntos de crecimiento, hojas y células vitales. Su función consiste en controlar el balance de agua en la planta; además provee de agua al protoplasma de la célula y aumenta la actividad de las

enzimas presentes.

El potasio no forma parte de compuestos orgánicos, sin embargo por un mecanismo aún sin explicación, participa en la formación de carbohidratos, proteínas y en la formación del protoplasma celular. Influye grandemente en el crecimiento de la planta, fortalece los tejidos y ayuda mejorando la calidad del fruto.

CALCIO

El calcio estimula el crecimiento de las raíces y es un componente de las paredes de las células. Mas aún vincula en las células el ácido oxálico que es dañino para la planta convirtiéndolo en oxalato de calcio. Se considera un elemento inmóvil. Su relación con el potasio es antagónica; a medida que la planta absorbe mas potasio absorberá menos calcio. El calcio reduce el contenido de agua en el protoplasma celular y si se suministra en abundancia, disminuye la adsorción de agua por la planta e intensifica su transpiración.

MAGNESIO

Se encuentra en la clorofila y toma parte en la asimilación del dióxido de carbono. Actúa como catalizador de algunos procesos bioquímicos. Tiene gran movilidad al igual que el potasio. Se encuentra presente en las partes jóvenes de la planta y en las semillas de esta. Otra de sus funciones es el transporte-

del fósforo dentro de la planta.

AZUFRE

Es un elemento nutriente importante para la planta. Se asocia con el fósforo y se cree que promueve el crecimiento de bacterias benéficas que participan en la producción de proteínas. Es importante para procesos bioquímicos de óxido reducción. Se considera un elemento inmóvil. Se ha encontrado en sustancias vo látiles como la cebolla, mostaza y el ajo.

FIERRO

La planta toma únicamente pequeñísimas cantidades de este elemento; sin embargo no puede reemplazarse por ningún otro. En la planta el fierro actúa como catalizador en la formación de clorofila y en la asimilación del dióxido de carbono.

COLORO

La concentración óptima del cloro es de 10 a 20 ppm. Se considera que el cloro ayuda a la fijación de agua en los tejidos de la planta. El cloro es importante únicamente para ciertas plantas, como el caso de la avena y el frijol. En este último la falta del cloro, evita la formación de semillas. Para otras plantas la utilidad del cloro es nula y para algunas más dañino.

SILICIO

Aún cuando se observan grandes cantidades de óxido de silicio en las plantas, el crecimiento de las plantas en medios libres de el no produce efectos. Su papel en el desarrollo de la planta es protegerla de algunos parásitos y como factor de fortalecimiento en la rigidez de la planta.

ALUMNIO

Las cenizas de muchas plantas muestran grandes cantidades de este elemento aún cuando no sea de gran importancia para la planta; sin embargo un exceso sí puede ser dañino.

SODIO

Es otro elemento que parece no tener efecto alguno, si se encuentra faltando en la solución; sin embargo se incluye entre los nutrientes ya que sirve como catalizador en la absorción del potasio y como sustituto de este ya que si hay deficiencia de potasio la planta tomará en su lugar sodio sin que por ello que den satisfechas sus necesidades de potasio. Entre sus funciones se considera que actúa como antídoto contra sales tóxicas.

MANGANESO

Es muy importante en la conversión del nitrógeno en la planta. La relación de manganeso y fierro en las hojas es general

mente de 1 a 2. El manganeso también es importante en procesos de óxido reducción. Se dice también que ayuda a que los vegetales y frutos duren mas tiempo.

BORO

El boro influye ventajosamente en la absorción de varios macroelementos por la planta ya que incrementa la permeabilidad del protoplasma. Toma parte en procesos de crecimiento y división celular pero la naturaleza de su acción aún permanece oscura.

CINC

Su función en la fisiología de la planta aún no ha sido descifrada; sin embargo es vital en el crecimiento de la planta. El cinc es necesario para la síntesis de proteínas de las plantas y responsable de la síntesis de la hormona de crecimiento. La ausencia de este elemento produce un crecimiento enano.

COBRE

Este elemento al igual que el fierro participa en la respiración de la planta e influencia positivamente la formación de clorofila.

MOLIBDENO

Participa en la asimilación de nitratos por la planta

y en plantas capaces de fijar el nitrógeno atmosférico ayuda actuando como catalizador. Contrariamente a la acción del manganeso que es la de oxidar, la acción fisiológica del molibdeno es reductora.

La acción del manganeso, fierro, cobre y molibdeno en procesos de oxidación y reducción está vinculada.

YODO

No interviene como nutriente para la planta, sin embargo los humanos que consumen estas plantas se ven beneficiados por su efecto.

BICARBONATO

Afecta en la absorción de los nutrientes por la planta solamente si se encuentran en concentraciones muy elevadas; estas concentraciones varían según las especies.

BROMUROS

No se ha determinado que el bromo sea necesario para el crecimiento de la planta, pero se ha observado que si existe una deficiencia de cloro en la solución nutriente el bromo podrá reponer en parte a este.

FUENTES DE OBTENCION

En la hidroponía no se requieren sales químicamente puras, el uso de tales sales únicamente incrementaría los costos. Una solución nutritiva contiene básicamente doce elementos (N₂, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, B, Zn, Cu, y Mo.). Estos elementos se pueden suministrar a través de varios compuestos; a continuación se describen los principales según el elemento de que se trate.

Fuentes de Obtención del Nitrogeno.

En la hidroponía el nitrógeno generalmente es absorbido como nitrato. El ión amonio solamente se debe emplear como sustituto de este ya que un exceso de amonio afecta inversamente el crecimiento de la planta. Las sales que más se emplean son las siguientes:

- Nitrato de calcio.- Son las mas usadas porque suministran calcio y potasio.
- Nitrato de potasio
- Nitrato de sodio.- Aunque es el mas barato de los nitratos no es conveniente usarlo ya que deposita iones sodio que no utiliza la planta.

Urea

Fosfato de amonio dibásico

Nitrato de amonio.- No se debe usar como única fuente de obtención del nitrógeno, sino en combinación con nitratos de potasio y calcio.

Fuentes de Obtención del Fósforo.

La única forma asimilable de fósforo para las plantas es a través del ión fosfato. Cualquier sal soluble que contenga este ión se puede emplear; sin embargo la mejor fuente la constituye la sal de fosfato de amonio.

Sales mas comunmente empleadas:

Fosfato de potasio monobásico.- Estas dos sales son más solubles que los superfosfatos pero también son las más caras.

Fosfato de amonio monobásico

Superfosfatos: Simple (16% de fósforo)

Doble (32% de fósforo)

Triple (43% de fósforo)

Acido ortofosfórico.- A veces se emplea pero es necesario agregar hidróxido de sodio a la solución para neutralizar.

Fuentes de Obtención del Potasio.

Entre las sales que sirven como fuente de suministro del potasio se encuentran:

Sulfato de Potasio.- la mejor fuente.

Fosfato de Potasio monobásico.- Es caro y contiene poco potasio.

Nitrato de potasio.- Es uno de los que se consideran caros.

Fuentes de Obtención del Calcio.

Algunas regiones tienen aguas que presentan gran contenido de calcio. La mejor fuente de obtención del calcio es el nitrato de calcio; el cuál proporciona además del calcio, nitrógeno pero resulta demasiado cara para usos comerciales. Otras sales que se utilizan como fuente del calcio son:

Sulfato de calcio.- Uno de los más baratos

Cloruro de calcio.- También uno de los mas baratos pero que no es muy utilizado porque aumenta el contenido de cloruros en la solución.

Superfosfato. Una forma soluble de fosfato de calcio, contiene buenas cantidades de este elemento.

Fuentes de Obtención del Magnesio

Generalmente el agua contiene este nutriente en buenas cantidades pero si el análisis químico muestra una deficiencia de este elemento las sales que más se pueden emplear son las siguientes:

Sulfato de magnesio heptahidratado

Cloruro de magnesio con el único problema de aumentar el contenido de cloruros de la solución.

Fuentes de Obtención del Azufre.

El azufre es generalmente absorbido como ión sulfato.

Las sales mas empleadas son:

Sulfato de amonio; que también proporciona nitrógeno

Sulfato de magnesio; que también proporciona magnesio

Sulfato de calcio; que también proporciona calcio

Sulfato de potasio; que también proporciona potasio.

Superfosfatos; que tambien proporcionan fósforo

Las sales que se adiconan para suplir las necesidades de los micronutrientes también contribuyen con sulfatos, ejemplos: sulfato de manganeso, sulfato de cinc, sulfato de fierro, sulfato de cobre.

Al preparar una solución nutritiva a medida que se alcaliniza la solución, se puede neutralizar con ácido sulfúrico o fosfórico; pero debe tomarse en cuenta el contenido de selenio, arsénico y litio que presenta el ácido sulfúrico grado técnico ya que puede ser nocivo si se utiliza en grandes cantidades debido a la acumulación de estos elementos. Es preferible usar el ácido fosfórico grado técnico o bién el acido sulfúrico puro.

Fuentes de Obtención del Fierro

El fierro generalmente se suple como sulfato ferroso. Si el pH de la solución es mayor de siete entonces el ión ferroso se transforma a ión férrico y se forma un compuesto insoluble que precipita y no es absorbible por la planta en este estado de oxidación.

Sales:

Sulfato ferroso

Cloruro férrico

Tartrato de hierro

Citrato ferroso y férrico

Fosfato ácido de hierro.- El cual es poco soluble

Se debe evitar el uso de objetos como clavos varillas etc, como fuentes de obtención del hierro ya que estos materiales pueden contener cobre, cinc u otros materiales que pueden ser tóxicos para la planta.

Existe un método que se puede emplear con cautela para asegurar la disponibilidad del hierro; se trata de los quelatos secuestradores del hierro tales como el EDTA. Los quelatos previenen la precipitación del hierro ocasionada por los fosfatos. Utilizando el EDTA, las pruebas químicas que se realizan para determinar el contenido de hierro en la solución se pueden retardar a una vez al mes en lugar de realizarlas cada cuatro o cinco días. El uso de quelatos debe ser moderado ya que pueden secuestrar otros elementos que se encuentran en la solución tales como el cobre y el cinc, pudiendo esto ocasionar deficiencias.

Fuentes de Obtención de los Cloruros

La mayoría de las aguas tienen disueltas en ellas bastante iones cloruro; pero si hubiera deficiencia, esta se puede evitar agregando la cantidad necesaria de las siguientes sales:

Cloruro de potasio

Cloruro de calcio

Cloruro de magnesio

Cloruro férrico

Cloruro de cinc.

Cloruro de cobre

Fuentes de Obtención del silicio, Aluminio y Sodio

Estos tres elementos se han encontrado en bastantes cantidades en las plantas, sin que sean importantes para su desarrollo por lo que no es necesario adicionarlos a la solución.

Fuentes de Obtención del Manganeso

Generalmente se obtiene del sulfato de manganeso o del cloruro de manganeso.

Fuentes de Obtención del Boro

Para que el boro pueda ser absorbido es necesario que se encuentre en la solución como ión borato; el cual se obtiene del ácido bórico o del borax.

Fuentes de Obtención del Cinc

Se suple como sulfato o cloruro de cinc.

Fuentes de Obtención del Cobre

Se suple como cloruro de cobre o sulfato de cobre.

Fuentes de Obtención del Molibdeno.

El molibdeno se requiere en cantidades tan pequeñas que el que se encuentra presente como impurezas en las sustancias químicas es suficiente para cubrir las necesidades de las plantas.

SINTOMAS PROVOCADOS POR DEFICIENCIAS MINERALES

Las plantas adquieren ciertas características cuando los iones nutrientes esenciales se convierten en un factor limitante.

En hidroponía es difícil que existan problemas de ausencia de macronutrientes, lo que ocurre más a menudo es una deficiencia por encontrarse los nutrientes en concentraciones muy bajas, lo que trae como consecuencia un crecimiento lento y una reducción en el rendimiento de la cosecha. El nutriente que más frecuentemente presenta deficiencia es el nitrógeno. Para la persona que se inicia en la hidroponía es muy útil conocer los síntomas que presenta cada nutriente cuando su concentración no es la adecuada.

En el capítulo # 5 se presentan tablas que reúnen la información de varios autores (tablas 2, 10, 11, 22, y 23), las cuales pueden ser consultadas en caso de presentarse algún problema en una granja hidropónica; sin embargo en forma separada se mencionan a continuación, las características principales que presen

ta una planta al tener una deficiencia de un nutriente.

NITROGENO

Los síntomas que presenta una planta cuando hay deficiencia de compuestos nitrogenados en el medio son: hojas pálidas de color verde amarillento y tallos rojizos. El crecimiento de la planta se restringe y las hojas se tornan mas pequeñas. El síntoma más inmediato es el amarillamiento de las hojas mas jóvenes. Las hojas maduras presentarán lunares rojos, anaranjados o amarillos. En la última etapa de la deficiencia de este nutriente el crecimiento se detiene y aparece la defoliación, los brotes pequeños mueren. Se reduce la floración y el rendimiento de los frutos es bajo. Si la deficiencia continúa la planta finalmente muere.

Síntomas que Presentan Diferentes Plantas:

Tomate.

Se reduce la producción de fruto y el color de éstos se torna verde ligero. Su tamaño es pequeño. Las raíces toman una coloración café y su tamaño es grande al compararse con las raíces de una planta sana.

Pepino.

Los primeros síntomas son un crecimiento enano. Las hojas toman una coloración verde amarilla que posteriormente se

vuelve amarilla totalmente. Sus tallos se vuelven duros y su fruto presenta coloraciones pálidas.

Rábano.

Las plantas y raíces crecen pequeñas, y las hojas maduras se tornan amarillas con venas de color púrpura.

Siembras Florales.

Las hojas jóvenes toman una coloración verde claro y las maduras se tornan amarillas.

Se pueden hacer variaciones de nitrógeno que no afectan a la planta, pero que dependen de la temporada y el lugar en que se encuentren; por ejemplo, en climas nublados la planta toma una mayor cantidad de potasio y una menor cantidad de nitrógeno, por lo que en épocas nubladas prolongadas se pueden doblar las cantidades de potasio sin que se corra riesgo alguno y como el consumo de nitrógeno se ve disminuido, se pueden preparar soluciones que contengan una menor cantidad de este elemento. Esto permite obtener mejores resultados con un costo más bajo. Así durante el invierno y días oscuros se preparan soluciones que contienen menos nitratos y más potasio y para los días soleados en que la planta consume más nitratos, se prepara una solución nutriente que contenga más nitratos y menos potasio.

FOSFORO

El fósforo produce síntomas parecidos a los producidos por deficiencia de nitrógeno, pero no tan marcados. En las primeras fases de la deficiencia de este elemento las hojas se tornan verde oscuras o azul verde. Las venas de las hojas presentan una coloración púrpura. Las plantas deficientes en fósforo se vuelven pequeñas. La deficiencia de fósforo aunque sea muy pequeña ocasiona una disminución en la producción de semillas y por el contrario fertilizar con fósforo estimula la floración y la producción de fruto. Si la deficiencia de este elemento es extrema se producen hojas con márgenes café.

POTASIO.

Una deficiencia de potasio hace que las puntas de las hojas más maduras tomen una coloración café, con una apariencia marchita. Debido a la migración del potasio de las hojas más viejas a las más jóvenes, éstas presentan una apariencia normal. Los márgenes de las hojas se enrollan hacia arriba dando la impresión de haber sido chamuscadas. Los entrenudos son cortos y las raíces no se desarrollan bien. Las orillas de las hojas se tornan quebradizas. Si la deficiencia llega a casos extremos, los síntomas se parecen a los presentados por deficiencia de calcio o bien los ocasionados por toxicidad con cloro y aún los producidos por el viento seco.

Síntomas Presentados en Diferentes Plantas.

Tomate.

Las hojas toman una coloración azul verdosa; aparecen sitios amarillentos entre las venas de las hojas, las orillas de las hojas se enroscan hacia arriba y en casos extremos se tornan cafés. El fruto madura desigualmente y presenta una apariencia parchada.

Pepino.-

En sus primeras fases las puntas de las hojas se tornan de color verde ligero; posteriormente la planta toma una coloración amarillo café y después muere. La punta de la fruta se encoge y aparecen sitios de color negro.

Rábano.

En el centro de cada hoja aparecen puntos de color verde oscuro; la hoja se enrosca tomando la orilla una coloración café y luego se seca.

CALCIO

La deficiencia de calcio se presenta primero en hojas jóvenes, las cuales se tornan oscuras; los retoños mueren y se deterioran los pelos absorbentes de las raíces trayendo como consecuencia un desarrollo pobre de las mismas. En las hojas, las orillas se curvan hacia abajo.

El tomate es una planta que se ve afectada muy especialmente por la deficiencia de calcio. En primer lugar mueren los botones de la flor; las raíces toman una coloración café, la floración termina y el fruto se pudre.

La deficiencia de calcio se presenta cuando las condiciones salinas son muy elevadas. Un exceso de sodio también ocasiona una deficiencia de este elemento aún cuando existan grandes cantidades de calcio en el medio.

MAGNESIO

Debido a la gran movilidad del magnesio los primeros síntomas se localizan en las hojas maduras; las cuales toman una coloración verde pálida. Los nervios de las hojas permanecen verdes sin embargo los espacios entre ellos toman una coloración amarillenta. Algunas veces las hojas se enroscan hacia arriba. Si la deficiencia continúa, la clorosis comienza a extenderse de las hojas maduras a las jóvenes. Una deficiencia de magnesio puede retardar la floración de la planta; sin embargo si esta ocurriera en estados de crecimiento posteriores, la deficiencia del magnesio no afectará el rendimiento frutal:

AZUFRE

En la hidroponía es difícil encontrar deficiencias de este elemento ya que este se suministra en grandes cantidades.

Los síntomas se desarrollan paulatinamente. En las primeras fases de esta deficiencia, ésta se parece a la deficiencia provocada por el nitrógeno. Las plantas se desarrollan poco y los tallos se vuelven delgados. La clorosis se presenta en las hojas; las venas de estas se tornan amarillas con espacios muertos. La base de las hojas presenta una coloración púrpura, los entrenodos crecen mas de lo normal y las hojas maduras se vuelven gruesas.

FIERRO

El primer síntoma que se tiene cuando hay deficiencia de fierro es la clorosis de los tejidos jóvenes. La deficiencia del fierro produce una clorosis severa (hojas amarillas o blancas) seguidas de un marchitamiento de las mismas y en fases posteriores se presentará también las hojas maduras. El contenido de fierro en la planta depende de la cantidad de manganeso, potasio y otros elementos que se encuentran en el tejido. Si las concentraciones de manganeso, cinc, cobre, calcio o fósforo son altas, la deficiencia del fierro aparecerá aunque se tengan las cantidades apropiadas de este elemento en la solución. Lo mismo ocurre si la solución se encuentra deficiente de calcio, magnesio o potasio.

En el tomate la deficiencia de fierro, ocasiona que las hojas tengan espacios de color café.

En la fresa se observan hojas cloróticas, permaneciendo las venas de color verde.

COLORO

La deficiencia de este elemento es extremadamente rara y afecta solamente a ciertas plantas, como es el caso del frijol en donde su ausencia impide el crecimiento y formación de semillas.

MANGANESO

La deficiencia de este elemento aparece primero en las hojas mas jóvenes como una necrosis del tejido (muerte del tejido). La planta crece debil y la floración es mala.

En los tomates y pepinos, los síntomas son la aparición de manchas de color café en las hojas jóvenes, que luego se extienden hacia las maduras; posteriormente la planta toma una coloración verde pálida.

En las lechugas las hojas son pequeñas.

BORO

La deficiencia de boro aparece primero en las partes que están creciendo, las cuales mueren. Las hojas se motean y las flores y tallos se pudren. En las siguientes fases las hojas se tornan de color café amarillento y se enrollan hacia dentro.

En las lechugas, las hojas jóvenes se vuelven débiles de color café y mueren. Los nuevos brotes mueren y las hojas viejas se deforman.

En los tomates los brotes mueren y los tallos se vuelven quebradizos.

El síntoma que presentan las leguminosas es la presencia de hojas cloróticas.

CINC

La acumulación de cinc en la planta y la cantidad de luz que recibe la misma, están aparentemente ligadas; La deficiencia de cinc puede ser más frecuentemente en verano que en invierno.

La insuficiencia de cinc hace que las hojas se vuelvan anormalmente pequeñas, moteadas y con espacios cloróticos. Estos síntomas aparecen primero en las hojas jóvenes.

COBRE

La deficiencia de cobre provoca la muerte de nuevos brotes y clorosis en las hojas especialmente en las más jóvenes. La coloración de las hojas llega hasta verde azul y en ocasiones las orillas se quemán.

TOXICIDAD MINERAL.

Aunque existen algunos trabajos sobre la toxicidad de minerales que se encuentran presentes en las soluciones nutritivas la información que se tiene aún no está completa. En las tablas 2, 10, 11, 22 y 23 se trata de dar a conocer algo sobre lo que la ciencia ha descubierto al respecto.

Toxicidad de Diferentes Nutrientes.

NITROGENO.

Si la toxicidad es provocada por un exceso de iones amonio, se observará un crecimiento muy rápido de las partes verdes de la planta y una elongación muy rápida del tallo. En el tomate un contenido alto de nitrógeno ocasiona un florecimiento rápido seguido de su putrefacción.

FOSFORO

Un exceso de este elemento ocasiona la precipitación del fierro especialmente cuando el pH de la solución es bajo.

POTASIO

Un exceso de este elemento produce internodos largos y hojas de color verde claro; posteriormente se produce un crecimiento raquítico y aparición de sitios café en las hojas. Los síntomas de toxicidad generalmente se parecen a los de deficien-

cia de calcio y magnesio y se pueden amortiguar un poco adicionán-
dole a la solución una pequeña cantidad de calcio.

MAGNESIO

Al haber en la solución un exceso de este elemento, las hojas se tornan de un color verde intenso; son más pequeñas y las hojas jóvenes tienden a enrollarse. Estos efectos pueden ser-
amortiguados si se agrega la solución calcio en una concentración elevada.

AZUFRE

Se requiere de un gran exceso de azufre para que aparez-
can los síntomas de toxicidad. Los síntomas son: hojas de color azul verdoso, pequeñas y curvadas. Otro de los efectos ocasiona-
dos por un exceso de sulfatos es el de limitar la absorción de calcio por la planta.

CALCIO

El exceso de calcio provoca clorosis y una defoliación similar a la provocada por las deficiencias de fierro y magnesio Interfiere con la absorción del potasio provocando una deficien-
cia de este mineral aún cuando se encuentre en las concentraciones apropiadas. Otro efecto que produce un exceso de calcio es el de presentar deficiencias ferrosas y una mayor pronunciación de clo-
ruros.

BORO

Un exceso de boro se presenta generalmente en aguas salinas. Los síntomas provocados por este elemento son quemaduras en las hojas y clorosis. En los tomates se observan áreas transparentes que luego se tornan cafés.

Los síntomas provocados por la deficiencia de calcio se pueden retardar si existe boro en exceso; ya que este puede reemplazar en cierta forma la función fisiológica del calcio.

MANGANESO

Los efectos de toxicidad dependen del contenido total de sales en la solución. La lechuga se afecta en una concentración de 10 ppm mientras que el jitomate en concentraciones un poco mayores. Los síntomas generales del exceso de manganeso son el curvado de las hojas y la muerte de los nuevos brotes. La orilla de las hojas generalmente se vuelve moteada y se seca.

CINC

La toxicidad por este elemento es debida al empleo de tubería galvanizada (recubiertas de cinc) o cualquier otro equipo del cual el cinc pueda ser llevado hacia la solución.

COBRE

El cobre y los compuestos de cobre que se conocen como

fungicidas, son tóxicos en concentraciones elevadas; pero en la práctica esto casi nunca se observa. En aguas salinas la presencia del fósforo reduce los efectos del cobre.

La sensibilidad de las plantas al cobre varía según la especie; así por ejemplo se tiene que la lechuga es muy sensible en cambio la vid , piña y chicharo tienen una buena tolerancia hacia concentraciones relativamente altas de cobre.

En el tomate un exceso de cobre produce síntomas parecidos a los de la deficiencia de fierro. Si existen grandes cantidades de este elemento, estas se acumularán en las raíces y las obscurecerán.

Analisis y Control Químico

El análisis de soluciones nutritivas es esencial para un buen desarrollo vegetativo.

Existen dos formas de análisis; la primera es a través de las pruebas físicas y químicas de las soluciones nutritivas, y la segunda a través del análisis químico de las hojas, savia y tejidos de las plantas.

Los problemas más grandes en el análisis de la solución nutritiva los constituyen la determinación del pH y la determinación de la concentración de los iones. La concentración

de los iones se hace por métodos colorimétricos y turbidimétricos, mientras que el pH se determina por métodos colorimétricos, (para fines hidropónicos).

Los métodos que se emplearon en el desarrollo de este trabajo no son los únicos; sin embargo algunos métodos que se señalan en los libros requieren de equipo muy costoso, o bien son métodos muy antiguos en los cuales el tiempo empleado en cada determinación es muy grande, motivos por los cuales fueron descartados. Otros más, presentan pruebas químicas mas complejas, lo cual constituye una barrera para aquella persona que no está familiarizada con la química (ver referencia 14).

En este capítulo se tratará de presentar las formas de análisis mas sencillas, que requieran de aparatos no muy costosos y al mismo tiempo eficaces. Haciendo la aclaración, que si el volumen de la solución nutritiva que se maneje es poco o bien si las sales con las que se preparó son relativamente baratas, es preferible cambiar la solución nutritiva completamente, en lugar de hacerle pruebas para ver que elementos se encuentran faltando.

UNIDADES DE CONCENTRACION EMPLEADAS EN LAS SOLUCIONES

Existen muchas maneras de expresar la concentración de una solución. Las unidades de concentración mas utilizadas en este tratado se enumeran a continuación.

a) miligramos por litro; En un litro de agua se adicionan los miligramos de nutriente según la concentración que se quiera.

A esto se le llama también partes por millón.

b) Moles y milimoles por litro: M/l y mM/l un litro de solución contiene una mol o bien una milimol de nutriente disuelto en un litro de agua.

c) Por ciento en peso; equivale a una parte disuelta en 100 partes; lo que constituirá una solución al 1%. Una solución que contiene 50g de un elemento disuelto en un kilogramo de agua tiene una concentración del 5%.

PREPARACION DE SERIES PATRON

Para poder realizar las pruebas en las soluciones nutritivas el método que se utiliza principalmente es el de series patrón. Este método consiste en preparar una serie de disoluciones de concentración conocida del ión que se desea analizar; la concentración de una disolución difiere de la concentración siguiente en una cantidad adecuada.

Al desarrollarse el color, este se forma en la muestra desconocida del mismo modo que en las disoluciones patrón y al compararlos se determina la concentración.

Esta comparación puede hacerse por dos métodos.

a) Comparación Directa.- En ella el ojo humano es el instrumento de medición.

b) Comparación Indirecta.- La comparación en este método es a través de aparatos llamados fotocolorímetros en donde el color se mide como luz absorbida o transmitida; sin embargo no se entrará en mas detalles sobre este método debido a que no va a ser empleado.

Comparación Directa.-

Se preparan tubos de ensaye de iguales características El número de tubos depende del número de concentraciones que se deseen preparar. En la tabla 42 se encuentran las concentraciones de las series patrón que se emplean más frecuentemente para las pruebas rápidas (tipo A) y en la tabla 43 se encuentran las concentraciones mas usadas para el segundo tipo de pruebas (Tipo B) que son mas precisas.

Según la tabla 43 se pueden hacer 4 concentraciones para el fosfato, que corresponden a 30, 60, 150 y 300 ppm. Con estas concentraciones se preparan las series patrón. Se requiere de un tubo de ensaye mas para colocar en él la solución problema. Los cinco tubos se colocan en una gradilla y se observan por la parte superior; en la inferior se encuentra colocada una luz. El mismo efecto se logrará, si se colocan los tubos frente a una pantalla blanca iluminada por la parte posterior.

Otros tubos que se utilizan son los Nessler en honor a Nessler quien hiciera la determinación del amoniaco mediante el tetra yodo mercuriato ll potásico K_2I_4Hg (Reactivo de Nessler).

Como la solución nutritiva contiene otros elementos además del elemento que se desea determinar, se recomienda la preparación de las soluciones patrón con una solución nutritiva recién preparada y cuyas concentraciones de cada ión son conocidas, para evitar discrepancias en el color debido a la interferencia de los demás elementos.

Las soluciones patrón deben prepararse teniendo cuidado de agitar perfectamente para que haya homogeneidad en toda la solución. Si la solución nutritiva se pone turbia, debe esperarse unas horas hasta que se vuelva transparente para tomar de ellas las muestras. Si la solución continúa turbia, entonces se filtrará. En el caso de soluciones que se hayan hecho de doble concentración o bien aquellas de concentraciones a la mitad se deben pasar a soluciones normales ya sea agregando agua o evaporándola según sea el caso.

Preparación de Soluciones Tipo

Las soluciones tipo son aquellas soluciones de las cuales se toma una pequeña cantidad (parte alícuota) para preparar las soluciones patrón.

En la tabla #41 se encuentran las cantidades en gramos

de cada elemento, que deben adicionarse a un litro de agua. Para la preparación de una solución tipo con una concentración de 1000 ppm de nitratos, partiendo de nitrato de potasio, se requieren 1.63 g. de esta sal y para preparar una solución de 1000 ppm de potasio se requieren 2.6 g. de la misma sal.

Si se desea preparar soluciones patrón para el amonio; según la tabla #43 se deben preparar 3 concentraciones para la solución patrón. Estas concentraciones son 1, 2 y 5 ppm y su preparación se realiza al diluir 1, 2 y 5 ml de la solución tipo y llevarlas a un volúmen de 100 ml con agua destilada. De esta manera se habrán preparado las soluciones patrón, de las cuales se toma una pequeña muestra para hacerle las pruebas.

No importa el tipo de soluciones patrón que se preparen (referido a su concentración), la dilución siempre se hace con agua destilada.

El pH de las soluciones patrón debe ser el mismo que el de la solución problema. Para evitar la precipitación de los fosfatos el pH de la solución deberá estar entre 6 y 6.5.

TABLA # 4.1

SOLUCIONES TIPO

NUTRIENTE	PESO (GRAMOS)	SAL	CONCENTRACION DE SOL. TIPO (ppm)
Nitrato (NO_3^-)	1.63	Nitrato de potasio	1000
Potasio (K^+)	2.6	Nitrato de potasio	1000
Amonio (NH_4^+)	0.3	Cloruro de amonio	100
Sulfato (SO_4^{2-})	1.82	Sulfato de potasio (Tomese 10 ml de esta solución y aforese a 100 ml)	100
Fosfato (PO_4^{3-})	1.43	Fosfato de potasio monobásico KH_2PO_4	1000
Fierro (Fe^{2+})	0.702	Sulfato ferroso amónico $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ adicio- ne un ml de ácido sulfúrico	100
Calcio (Ca^{+4})	2.5	Adicione 2.5 g de carbonato de calcio a 100 ml de agua y lue- go una pequeña cantidad de HCl 1 a 10, mezcle hasta disolución y diluya a 1000 ml de agua	1000

TABLA # 4.2

<u>TIPO "A" PARA PRUEBAS RAPIDAS</u>	
<u>NUTRIENTE</u>	<u>Concentración en ppm</u>
Nitrato	10, 15, 30
Fosfato	15, 30, 45
Sulfato	40, 60, 80 o 80, 120, 160
Cloruro	5, 10, 15 o 10, 20, 30
Potasio	10, 15, 20, 6 20, 30, 40
Magnesio	10, 15, 20, 6 20, 30, 40
Calcio	75, 100, 150, 200
Amonio	2.5, 5, 10

TABLA # 4.3

<u>TIPO "B."</u>		Alicuotas que deben aforarse a 100 ml.
<u>Nutriente</u>	<u>Concent, para sol. patrón (ppm).</u>	
Nitrato (A)	10, 20, 50, 80	1, 2, 5, 8 ml
Nitrato (B)	50, 100, 200, 300	5, 10, 20, 30 ml
Potasio	100, 200, 300, 400, 500	10, 20, 30, 40, 50 ml
Amonio	1, 2, 5	1, 2, 5 ml
Sulfato	2, 4, 6, 8, 10	2, 4, 6, 8, 10 ml
Fosfato	30, 60, 150, 300	3, 6, 15, 30 ml
Fierro	1, 2, 5, 10	1, 2, 5, 10 ml

PRUEBAS TIPO "A"

PRUEBAS RAPIDAS

Se denominan así porque el tiempo que se requiere para realizar cada una de ellas, es muy breve. Estas pruebas poseen un rango de concentración muy estrecho, para las cuales resultan eficaces; por lo cual su manejo requiere de cuidados muy específicos. Si existen diferencias entre la temperatura de la solución problema y las soluciones de comparación (soluciones patrón 1), estas afectarán los resultados que se obtengan.

Debido a que su precisión no es muy buena, se aconseja duplicar las pruebas de la solución problema para obtener mejores resultados. No es necesario que la dilución sea la misma para los duplicados, únicamente en las pruebas para los nitratos se hace necesario tal procedimiento. Si se desea determinar calcio se pueden preparar dos soluciones problema con las siguientes diluciones: de 1 a 2 ppm y de 1 a 4 ppm.; en cambio en las pruebas para los nitratos se harán también dos diluciones pero cada dilución por duplicado. Las soluciones patrón también se hacen por duplicado.

DESARROLLO

Al realizarse las pruebas rápidas, no deberán llevarse

a. cabe mas de cuatro muestras a la vez.

1.- Se diluye cada muestra en forma adecuada.

2.- Se adicionan los reactivos en la secuencia apropiada tanto a las soluciones nutritivas como a la solución patrón, (se ampliará el conocimiento de las soluciones patrón más adelante).

3.- Al desarrollarse la turbidez, se hace la comparación con la turbidez que se desarrolló en la solución patrón.

Si se está determinando la concentración del calcio, las soluciones patrón que se preparan son de 75, 100, 150, y 200 ppm. Si la solución coincide con la serie patrón de 150, se podrá afirmar que esa es la concentración de la solución problema. Si la turbidez se encuentra entre la de 100 y 150 ppm. la concentración de la solución problema será de 125 ppm. Las soluciones deberán diluirse de acuerdo a las concentraciones señaladas en la tabla 42.

CALCULOS

Para enfatizar el procedimiento que se sigue al llevarse a cabo una prueba rápida, se presenta el siguiente ejemplo, en el cual se hacen los cálculos necesarios para determinar su concentración.

Se desea determinar la concentración de fosfatos de una solución nutritiva. Se preparan tres soluciones patrón con 15,

30 y 45 ppm. La solución nutritiva generalmente contiene 275 ppm de fosfato, por lo que se hace necesaria su dilución. Se aconseja que se diluya 10 veces, lo que se hace agregando 9 ml de agua a un mililitro de solución nutritiva. Se agita bien y se toma un mililitro de esa muestra para su análisis. Después de haberse hecho la prueba correspondiente, se comparó con la solución patrón, coincidiendo con la concentración de 11 ppm; por lo que el contenido de fosfato de la solución nutriente es 11×10 (# de diluciones que se hicieron) = 110 ppm.

PROCEDIMIENTO

Prueba del Nitrato--

Se pone una gota de la solución diluida en la cápsula de porcelana y 6 gotas del reactivo número 1. Se forma una coloración azul. Se lee en 5 min.

Prueba del Amonio.-

Se pone 3 gotas de la solución diluida en la cápsula de porcelana y 2 gotas del reactivo número 7. Se forma una turbidez de color naranja. Se lee en 1 o 2 minutos.

Prueba del Fósforo.

En un tubo de ensaye se pone un mililitro de solución di-

luida y 0.5 ml del reactivo # 2 y una bolita del reactivo # 3. Se lleva hasta un volumen de 10 ml con agua destilada y se agita ocasionalmente. Se forma una coloración azul y se lee de 5 a 10 min.

Prueba del Magnesio.-

En un tubo de ensaye se colocan un ml de la solución diluida y 2 gotas del reactivo # 8 junto con otras dos gotas del reactivo # 9. Se forma una turbidez de color ladrillo anaranjado y se lee en 30 a 60 segundos.

Prueba del Potasio.-

Se colocan en un tubo de ensaye un ml de la solución diluida; 3 o 4 gotas del reactivo 4a y un ml del reactivo 4 y se mezcla. Se deja resbalar lentamente por las paredes del tubo un ml del reactivo No. 5 se mezcla y se lee en 1 o 2 minutos. Se forma una turbidez anaranjado rojiza o amarillenta en el tubo de ensaye.

Prueba del Calcio.-

Se pone en un tubo de ensaye un ml de la solución nutriente y 2 gotas del reactivo # 6 y se lee en un minuto. Se forma una turbidez blanca.

Prueba del Sulfato.-

En un tubo de ensaye se coloca un ml. de solución diluida, 2 gotas del reactivo # 10 y 2 gotas del reactivo No. 9a. se lee en un minuto y se desarrolla una turbidez blanca.

PREPARACION DE LOS REACTIVOS

- Reactivo # 1 Para el nitrato se pesan 0.1 g de difenil amina y se disuelven en 50 ml de ácido sulfúrico.
- # 2 Para el fósforo se pesan 2.5 g de molidbato de amonio y se disuelven en 20 ml de agua. Se calientan hasta 60 grados centígrados para que se disuelvan. Se filtra, y a la solución filtrada se le agregan 80 ml de ácido sulfúrico diluído. La preparación del ácido sulfúrico es la siguiente: En un matrazgraduado de 100 ml se colocan 40 ml de agua y se adicionan 28 ml de ácido sulfúrico concentrado y se aforan a 100 ml. (agregar agua hasta llegar a 100 ml).
- # 3 Para el reactivo de fósforo se pueden emplear pedacitos limpios de estaño del tamaño de un chícharo.
- # 4 Para el potasio se pesan 5 g de nitrato de cobalto sódico y 30 g de nitrato de sodio; se disuelven en 50 ml de agua; se afora hasta 100 ml. Se debe tapar pero no herméticamente ya que es necesario que los gases que se formen puedan salir. El tiempo que debe durar esta solución tapada en esta forma es de 2 a 3 días. Aparte se disuelven 75 g de NaNO_3 en 500 ml H_2O .

El reactivo queda listo cuando se le incorporen 25 ml de la primera solución a la solución que se preparó con 75 g de nitrato de sodio.

- # 4a Se forma una solución que contiene 37% de formaldehído y el otro 63% del reactivo # 4.
- # 5 Alcohol etílico al 95%.
- # 6 Para el calcio se pesan 5 g de oxalato de amonio y se disuelven en 100 ml de agua.
- # 7 Para el amonio: Reactivo de Nessler, se pesan 5 g de yoduro de potasio y se disuelven en 5 ml de agua.

A parte se pesan 8 g de cloruro mercúrico y se disuelven en 100 ml de agua; se calienta para disolver y luego se enfría.

Una vez fría esta solución, se disuelve con la solución que contiene el yoduro de potasio lentamente y agitando. En el momento que se forme un precipitado rojo permanente se deja de agregar. Cuando el precipitado se haya asentado se filtra la solución.

A la solución filtrada se le agregan 40 ml de solución de hidróxido potásico. Para preparar la solución de hidróxido de potasio se pesan 18g de esta sal y se disuelven en 36 ml de agua.

Finalmente a la solución filtrada que contiene la solución de hidróxido de potasio se le agrega agua hasta diluirla a 150 ml. Se deja asentar antes de usarse. No se filtre.

- Reactivo # 8 Para el magnesio, se pesan 5 g de sosa y se disuelven en 100 ml de agua.
- # 9 Se pesan 0.15 g de amarillo de titan y se disuelven en 100 ml de una solución al 50% de alcohol metílico. (La solución del alcohol metílico al 50% se prepara disolviendo 50 ml de alcohol en 50 ml de agua). Se filtra si es necesario.
- # 10 Para el sulfato se disuelven 7 g de cloruro de bario en 100 ml. de agua.
- # 9a Se prepara igual al reactivo 9 con la diferencia, que en el último paso, en lugar de la solución de alcohol metílico se agrega una solución que contiene 25 ml de ácido acético glacial y 75 ml de agua.

PRECAUCIONES QUE SE DEBEN TOMAR

Debido a que estas pruebas no son muy seguras, se deben hacer 2 muestras simultáneamente. Para obtener buenos resultados se deben observar ciertas condiciones de limpieza. Un factor muy importante para la buena realización de las pruebas rápidas, es la experiencia y el buen juicio para que al hacer las inspecciones visuales las comparaciones turbidimétricas y colorimétricas sean lo mas precisas.

Si el método que se escogió para la comparación de las muestras es a través de una pantalla, se recomienda poner detrás de ella un foco de 60 watts. Se puede emplear vidrio con la parte posterior pintada de blanco. Se prefiere la luz reflejada a la luz solar directa.

Cada determinación tiene sus propias características. Por ejemplo, en la determinación de nitratos se debe tener sumo cuidado para asegurar buenos resultados ya que algunos iones como los cromatos y nitratos tienen iguales resultados. Por lo cual se aconseja lavar los recipientes con una solución de ácido clorhídrico al 50% en lugar de usar mezcla crómica.

Algunos reactivos utilizados en las determinaciones de nitratos se descomponen facilmente, por lo que es necesario guardarlos en el refrigerador. Si se forma una coloración oscura o azulada indica la necesidad de reponer la solución. Cuando las

pruebas se hacen en frío, los resultados no se ven tan rápidamente; en cambio en un clima caluroso el color desaparece rápidamente. Las pruebas rápidas son muy sencillas si se toman en cuenta estos cuidados.

El fósforo se puede determinar colorimétricamente con una gran variedad de reactivos. El reactivo básico es el mismo, únicamente preparado de diferentes maneras. Existen muchos agentes oxidantes adaptables a estas pruebas, pero el que más se emplea para la solución nutritiva es el molibdato de amonio. El disolvente que más se utiliza es el ácido sulfúrico. El ácido clorhídrico y el nítrico se evitan ya que interfieren con la prueba. Los reactivos a base de fosfatos son influenciados por la temperatura al igual que en los nitratos; por tal motivo no se emplean. Como agentes reductores se pueden emplear pedacitos de estaño. Si se requieren pruebas con mayores precisiones se utilizan soluciones de cloruro estañoso, pero por la rapidez que se consigue en estas pruebas se emplean las anteriores y con buenos resultados.

En las pruebas de magnesio algunas veces se presentan problemas; ya que como existe una relación entre el calcio y el fierro con respecto al magnesio, los resultados pueden verse afectados.

En las pruebas del potasio se observan las siguientes indicaciones: Si la solución no contiene amonio se puede omitir el formaldehído. El nitrato de cobalto sódico es muy higroscópi-

co; problema que se soluciona si en lugar de usarlo seco se usa en solución. Otra variación se puede encontrar relacionada con la temperatura; algunas personas prefieren hacer estas pruebas a 4°C y otras mas a 26 °C; los resultados no son siempre equivalentes por lo que se recomienda estandarizar el método de acuerdo a la temperatura que se utiliza.

Las pruebas que se hacen para el calcio y el sulfato son puramente turbidimétricas. No se pueden considerar como muy precisas pero para la hidroponía funcionan bastante bien. Un método muy útil para hacer las comparaciones turbidimétricas y obtener buenos resultados consiste en trazar con tinta china varias líneas de diferentes grosores, empezando por las más delgadas hasta terminar con líneas gruesas. Los tubos de ensaye se colocan con un ángulo de 60 grados con respecto al papel y se van recorriendo desde las líneas gruesas, hasta ver cuales son las últimas que se pueden ver. La que coincide con la solución problema corresponde a la concentración correcta.

PRUEBA TIPO "B"

Estas pruebas son mas elaboradas que las anteriores. El tiempo que se emplea en cada determinación es mayor pero su precisión lo justifica.

DETERMINACION DEL PH DE LA SOLUCION

Existen varias formas para determinar el pH de una solución. Una de ellas es usando el papel indicador de pH el cual es fácil de conseguir, sin embargo la exactitud que proporciona no es suficiente para los requerimientos de las soluciones nutrientes, y aunque existen papeles indicadores específicos que se ajustan a un pH dado, aún estos no dan la exactitud necesaria. Otra manera de determinar el pH de una solución es a través del uso de un potenciometro; pero este método resulta muy costoso. Lo que resulta mas económico y adecuado es la preparación de una mezcla de indicadores para la determinación del pH.

Mezcla de Indicadores.-

Material: Matraces y tubos de ensaye

Reactivos: Solución nutritiva mezclada con el indicador.

Preparación de la Solución Indicadores:

1.- Disolver 150 mg de rojo de metilo en 25 ml de alcohol etílico y agregarle después 25 ml de agua.

2.- Disolver 150 mg de rojo de fenol en 25 ml de alcohol etílico y posteriormente agregar 25 ml de agua.

3.- Disolver 150 mg de azul de bromotimol en 25 ml de alcohol etílico, adicione 25 ml de agua y unas gotas de hidroxido de sodio al 1% (el cual se obtiene al disolver 1 g de hidroxido de sodio en 100 ml. de agua), hasta que se obtenga una coloración

verde.

Obtención de las soluciones indicadoras mezcladas:

Se mezclan 10 ml del reactivo # 1 con 30 ml del reactivo # 2 y 60 ml del reactivo # 3.

Determinación del pH de la solución Nutritiva:

En un tubo de ensaye que contenga 10 ml de la solución nutritiva se colocan de una a dos gotas de la solución indicadora y se agita. El pH se puede determinar de acuerdo con la coloración que se desarrolle en la solución según la tabla siguiente:

TABLA 44

pH	Color
Abajo de 5.2	anaranjado
5.3 a 5.9	amarillo
6 a 6.2	amarillo verdoso
6.3 a 6.5	verde oliva
6.6 a 6.8	verde
6.9 a 7.2	turquesa
7.2 a 7.3	azul verde
7.4 a 7.6	azul
7.7 a 7.9	azul violeta
arriba de 8	violeta

En la hidroponía muchas veces es suficiente usar el indicador de azul de bromotímol, el cual a un pH de 5.8 presenta

una coloración amarilla, a 6.2 un color verde y a 6.6 una coloración azul.

DETERMINACION DE NITRATOS (NO_3^-) (A)

Esta prueba es solo una estimación del contenido de nitratos.

Prueba de difenilamina-para diamino, difenilsulfonato.

Equipo.- Matracas de 1000 ml, tubos de ensaye, pipetas y probetas.

Reactivos.

- 1.- 50 mg de difenilamina.
- 2.- 20 mg de para-diamino difenilsulfonato (DDS)
- 3.- Acido sulfúrico puro (libre de nitritos y nitratos)
- 4.- Acido fosfórico puro.

En un matraz que contenga 225 ml de agua se colocan 50 mg de difenilamina (reactivo # 1) y 2 g de DDS (reactivo # 2); agite; en seguida se agrega cuidadosamente 600 ml de acido sulfúrico como la dilución es exotérmica, es necesario dejar enfriar a temperatura ambiente.

Una vez fría la solución se le agregan 100 ml de ácido fosfórico (reactivo # 4), medidos en una probeta graduada. Después se afora a un litro con ácido sulfúrico. Este reactivo permanece estable durante varios meses si se mantiene protegido de la luz.

Procedimiento.

Midiendo con pipeta se prepara una solución nutritiva al diez por ciento. Para ello se toma un mililitro de la solución nutritiva y se le agrega agua hasta que llegue a un volumen de 10 ml. En un tubo de ensaye se colocan 5 ml del reactivo anterior y se le agregan una o dos gotas de la solución nutritiva diluida. Se agita y se compara el color que se desarrolla después de 1 a 30 minutos, con las coloraciones obtenidas con las soluciones patrón a concentraciones de 10 a 80 ppm.

La aparición del color depende de la concentración de los iones nitratos. Una concentración de más de 500 ppm produce rápidamente una coloración; una concentración de 200 ppm da una coloración después de 10 minutos; una coloración que se obtiene después de 20 ó 30 minutos corresponde a una concentración de menos de 100 ppm. El color permanece estable durante varias horas.

Prueba del para-diamino difenilsulfónico (B).

Esta prueba se hace para determinar la concentración de los nitratos.

Equipo:

Matraz Erlen Meyer, tubos de ensaye; recipiente para baño maría; pipeta de un mililitro, probeta de 25 ml.

Reactivos:

1.- Un gramo de para-diamino difenilsulfónico (DDS) disuelto en medio litro de ácido sulfúrico concentrado y libre de

nitratos.

2.- Sulfato de plata.

Procedimiento.

En un matraz Erlenmeyer que contiene de 10 a 15 ml. de solución nutritiva, se le agregan de 50 a 100 mg de sulfato de plata para precipitar los cloruros; se mezcla bien y se filtra y el filtrado se pasa a un tubo de ensaye; teniendo cuidado de tirar los dos o tres mililitros iniciales, para tomar una muestra del restante. Se coloca un mililitro del filtrado en un tubo de ensaye; con la ayuda de una bureta se le agregan unos 4 ml de ácido fosfórico sin dejar de agitar durante la operación. La solución toma una coloración amarilla y a continuación se pone a baño maría; posteriormente se deja enfriar. Una vez fría se vacía a una probeta de 25 ml que contiene 10 ml de agua. Se deja enfriar y una vez fría se afora a 25 ml. La coloración amarilla se compara con la coloración de la solución patrón. Si la solución nutritiva contiene más nitratos que la solución patrón, en lugar de tomar un mililitro de la solución nutritiva diluida se tomará medio mililitro y el otro medio mililitro será de agua destilada. En este caso el contenido de nitratos se obtiene doblando el resultado.

DETERMINACION DE AMONIO HN_4^+

Prueba de la Solución de Nessler.

Equipo: Tubos de ensaye.

Reactivos:

- 1.- Solución Nessler (se vende ya elaborada)
- 2.- Solución de goma arábica; se disuelven 10 g de goma arábica en 200 ml de agua destilada.

Procedimiento:

Se coloca en una probeta graduada un mililitro de solución nutritiva y una gota de solución de goma arábica y un mililitro de la solución de Nessler, se afora a 10 ml con agua destilada. Después de dos a cuatro minutos se compara con las soluciones patrón. El color permanece estable solo durante unos cuantos minutos.

DETERMINACION DE FOSFATOS PO_4^{3-}

Prueba del molibdato y vanadato de amonio.-

Equipo: Tubos de ensaye, matraz de 500 ml.

Reactivos:

En un matraz que contiene 200 ml de agua se adicionan 9g de metavanadato de amonio y se disuelven; se agrega cuidadosamente 50 ml de ácido nítrico diluido uno a uno.

En otro recipiente se disuelve 12.5 g de molibdato de amonio en 100 ml de agua. Se incorpora cuidadosamente esta solución a la solución anterior. Se coloca esta solución a un matraz

de 500 ml y se afora con agua destilada.

Procedimiento:

En un tubo de ensaye se coloca un mililitro de la solución nutritiva y se le agregan 2 ml de reactivo llevándose a un volumen de 10 ml. Un color amarillo indica la presencia de fosfatos y la cantidad presente se obtiene por comparación directa con las soluciones patrón.

DETERMINACION DE CALCIO Y MAGNESIO.

En la primera parte de esta prueba se determinan ambos cationes, en la segunda parte únicamente el calcio. La cantidad de magnesio presente en la solución se calcula restando la cantidad de calcio que se encontró al contenido total de calcio y magnesio.

Equipo: Bureta de 25 ml. matraz Erlenmeyer de 250 ml.

Reactivos:

1.- Se disuelven 14.6 g de la sal disódica del ácido etilen diamino tetracético en 500 ml de agua. Se toman 100 ml de esta solución y se llevan a un volumen de 1000 ml preparándose así una solución 0.01 M de EDTA.

2.- Preparación de la Solución Reguladora: Se disuelven 54 g de cloruro de amonio en aproximadamente 300 ml de agua. Se adicionan 350 ml de amoníaco al 25% y se llevan a un volumen de un litro.

3.-Solución de ácido clorhídrico 1:10. Se diluyen 10 ml de ácido clorhídrico concentrado en 100 ml de agua.

4.- Solución de anaranjado de metilo 1:1000. Se disuelven 0.1 g de anaranjado de metilo en 100 ml de agua.

5.- Indicador de solocromo: Este indicador se usa para determinaciones de calcio y magnesio. La solución se prepara disolviendo 0.5 g de solocromo en 100 ml de alcohol etílico al 95% y se agregan 4.5 g de clorhidrato de hidroxilamina. El color cambia de rojo a verde azulado.

Procedimiento:

Determinación de Calcio y Magnesio.

Se coloca en un matraz Erlenmeyer de 250 ml, 10 ml de la solución nutriente, una gota de solución de anaranjado de metilo y aproximadamente 2 ml de solución de ácido clorhídrico; se agita y luego se adicionan 100 ml de agua, 5 ml de solución buffer y dos gotas de indicador. Se titula con EDTA hasta la aparición de un color azul. Debido a que el cambio de color no es instantáneo, se adiciona una gota de EDTA después de un lapso de 5 a 10 segundos; cuando ya se esté llegando al punto final, el cual se reconocerá por la aparición de un color azul verdoso. Se anotan los mililitros de EDTA consumidos.

DETERMINACION DE CALCIO

Reactivos:

6.- Solución de hidróxido de sodio al 4% la cual se

prepara disolviendo 4 g de hidróxido de sodio en 100 ml de agua.

7.- Azul de hidroxinaftol.

Procedimiento:

En un matraz Erlenmeyer se colocan 10 ml de la solución nutritiva, una gota de solución de anaranjado de metilo y 2 ml de la solución de ácido clorhídrico, mezclándose bien, posteriormente se adicionan 100 ml de agua y 10 ml de la solución de hidróxido de sodio; se le agregan unos gramos del indicador #7 hasta que aparezca un color rosa permanente. En una bureta se coloca el EDTA y se le agrega cuidadosamente a la solución hasta la aparición de un color azul, se continúa titulando hasta la aparición de un color verde azul, y se anotan los mililitros de EDTA consumidos.

Cálculos:

Un ml de EDTA 0.01 M corresponde a una concentración de 40 ppm de calcio. La cantidad de EDTA que se emplea para la determinación de calcio y magnesio menos la cantidad de EDTA que se utiliza en la determinación de calcio, da la cantidad de magnesio que se encuentra presente en la solución nutriente. Cada ml de EDTA corresponde a 24.3 ppm de Magnesio.

Ejemplo:

12.5 ml de EDTA para la determinación del calcio y el magnesio.

8.1 ml de EDTA empleados en la determinación de calcio.

4.4 ml de magnesio restante.

Como cada ml de EDTA corresponde a 40 y 24.3 ppm de calcio y magnesio, los cálculos son como siguen:

$$\text{Calcio} = 8.1 \times 40 = 324 \text{ ppm}; \quad \text{Magnesio} = 4.4 \times 24.3 = 107 \text{ ppm}$$

ESTIMACION DEL POTASIO.

Prueba del Acido Perclórico.

Equipo: Tubos de ensaye.

Reactivos:

Solución de ácido perclórico la cual se obtiene de la siguiente manera: En un matraz de 500 ml se colocan 50 ml de ácido perclórico concentrado (60 a 70%) y se agora con alcohol etílico. Se agita bien.

Procedimiento:

Se coloca en un tubo de ensaye un mililitro de solución nutritiva y se le agregan 10 ml de ácido perclórico. La estimación de potasio se hace por comparación de las soluciones patrón o bien según el tiempo en que la solución se pone turbia; En una solución con 100 ppm de potasio no hay cambio durante cinco minutos.

Con 200 ppm - Semi-traslúcida.

Con 300 ppm - Se pone turbia después de cinco minutos.

Con 400 ppm - Se pone turbia después de uno o dos minutos.

Con 500 ppm - Se pone muy turbia en uno o dos minutos.

Si la turbidez es muy elevada se recomienda diluir la solución nutritiva y hacer un cálculo como el que se hizo para

el nitrato.

DETERMINACION DE SULFATOS (SO_4^{-2})

Prueba del Cloruro de Bario. Prueba (A), Estimación.

Equipo: Matraces volumétricos y tubos de ensaye.

Reactivos:

1.- Solución de ácido clorhídrico 1:10 (ver preparación del reactivo #3 para la prueba del calcio y magnesio).

2.- Solución de cloruro de bario, aproximadamente del 2%. - Se disuelven 2 g de cloruro de bario en 100 ml de agua.

Procedimiento:

Se coloca en un matraz aforado de 100 ml, un mililitro de solución nutritiva, se afora con agua destilada y se mezcla perfectamente. Se toma un ml de ésta solución y se coloca en un tubo de ensaye; se le agregan 9 ml de agua destilada; un mililitro de solución de ácido clorhídrico al 10% y un ml de solución de cloruro de bario. La solución se torna turbia y se compara con las soluciones patrón de 2, 4, 6, 8 y 10 ppm. Para conocer la cantidad de sulfato que se encuentra presente en la solución nutritiva, el resultado se multiplica por 100.

Prueba de Perclorato de Bario (B). Determinación.

Equipo: Bureta de 10 ml, matraz volumétrico de 1000 ml.

Reactivos:

1.- Solución de perclorato de bario.- Se disuelven 3.5 g de perclorato de bario $Ba(ClO_4)_2$ en 100 ml de agua. Se le agregan dos o cuatro gotas de una solución diluida de ácido perclórico. Esta solución se prepara mezclando una parte del ácido perclórico en 10 partes de alcohol etílico. La adición de esta solución es hasta que se obtenga un pH de 3 ó 4 según el papel indicador universal de pH. Esta solución se transfiere a un matraz de 1000 ml en el cual se agregan 5 ml de agua. Se le agrega alcohol etílico casi hasta la marca y se vuelve a comprobar el pH el cual debe mantenerse entre 3 y 4. Si hiciera falta se le agregan unas gotas de ácido perclórico y una vez que se ha alcanzado el pH deseado, se afora con alcohol etílico hasta la marca.

Si no tiene disponible el perclorato de bario, se puede emplear el carbonato de bario, para lo cual se coloca en un matraz de 1000 ml, 2.06 g de carbonato de bario anhidro, disueltos en 100 ml de agua. Se agrega ácido perclórico de 60 a 70% hasta que se disuelva, y se afora en alcohol etílico.

2.- Indicador Azul Thorin-Isamin: Se disuelven 0.1g de azul de isamin en 50 ml de agua. Se mezclan 5 ml de la solución de azul de isamin, 20 ml de la solución de thorin y 25 ml de alcohol y se agrega gota a gota una solución de hidróxido de sodio al 4% hasta la formación de un color rojizo. Este indicador se guarda en una botella de plástico. Permanece estable du

rante meses.

Procedimiento:

Se prepara una columna de intercambio catiónico por la cual se hace pasar la solución nutritiva; las primeras gotas se desecha. Se toman 10 ml de ésta solución y se colocan en un matraz erlenmeyer de 100 ml y se le agregan 40 ml de alcohol etílico. Se le ponen 6 gotas de la solución indicadora #2, tomando en seguida una coloración verde; si en lugar de ello aparece una coloración rojiza entonces se le adicionan unas gotas de ácido perclórico hasta la aparición del color verde. Se añade la solución de perclorato de bario hasta que aparezca una coloración rosa amarillenta, continuándose la titulación hasta la coloración rosa permanente. Cada mililitro de perclorato de bario que se emplea corresponde a un mg de sulfato o bien a 100 ppm en la solución nutritiva.

ESTIMACION DE FIERRO.

Prueba de Tiocianato (A)

Equipo: Tubos de ensaye, probeta graduado y matraces.

Reactivos:

1.- Solución de ácido clorhídrico al 10% (preparada igual que la que se preparó para la prueba de calcio y magnesio).

2.- Solución de peróxido de hidrógeno al 3% (esta solución se encuentra disponible comercialmente).

3.- Solución de tiocianato de amonio (o potasio).-
Para preparar esta solución se disuelven 40 g de tiocianato en agua destilada y se aforan a 100 ml.

Procedimiento.

En un tubo de ensaye se colocan 10 ml de solución nutritiva y se le adicionan 10 gotas de solución de ácido clorhídrico (reactivo #1), una gota de solución de peróxido de hidrógeno (reactivo #2) y 5 gotas de solución de tiocianato de amonio (reactivo #3); se mezclan bien y se comparan los colores con los de las soluciones patrón.

Prueba del 2,2'Dipiridil (B). Determinación de Fierro.

Equipo: Tubos de ensaye

Reactivos:

1.- Solución de 2,2'dipiridil.- En un matraz se colocan 19 ml de agua y un ml de ácido clorhídrico 1:10 (reactivo #3 de la determinación de calcio y magnesio). A esta solución se le incorporan 0.2 g de 2,2'dipiridil.

2.- Solución de hidroquinona al 1%. - En una probeta graduada se colocan unos mililitros de agua y se adicionan 0.2g de hidroquinona. Se añaden 0.5 ml de solución de ácido fosfórico al 10% (10 ml de ácido fosfórico y 90 ml de agua destilada) y se le incorpora agua hasta un volumen de 20 ml.

3.- Papel indicador universal.

Procedimiento:

Se coloca en un tubo de ensaye 10 ml de la solución nutritiva y unas gotas de ácido clorhídrico hasta alcanzar un pH de 3 a 5; posteriormente se le adicionan 0.2 ml de la solución de 2,2'dipiridil (No. 1); se mezclan y se agregan 0.2 ml de la solución de hidroquinona (No. 2).

Después de transcurrido un intervalo de tiempo (0.5 a 2 horas) se compara con las soluciones patrón. El color permanece estable durante varios días.

En esta prueba se determinan tanto los iones ferrosos como los férricos. Si se desea determinar únicamente el ión fe rroso, se elimina el reactivo No. 2 y en su lugar se ponen 0.2 ml de agua destilada. Los complejos de fierro orgánico se pueden determinar de la misma manera pero la comparación con las soluciones patrón se deberá hacer después de transcurridas 24 horas.

DETERMINACION DE BORO.

Prueba de Cúrcuma:

Equipo: Una columna para filtración y tubos de ensaye.

Reactivo:

1.- Solución de cúrcuma (se encuentra en el mercado ya preparada).

2.- Acido acético glacial (concentrado).

3.- Solución de hidróxido de sodio al 4%. (Ver reactivo No. 6 para la prueba de magnesio).

4.- Solución de ácido clorhídrico al 10%. (Ver reactivo No. 3 para la determinación de calcio y magnesio).

Procedimiento:

Se humedece un pedazo de papel filtro (de unos 2 cm de largo por 0.5 cm de ancho) con la solución de cúrcuma (No.1), se pone una gota de solución nutritiva y una de ácido acético (No. 2), con lo cual se desarrollará una coloración roja permanente; al adicionar una gota de hidróxido de sodio, un color azul negro indicará la presencia de boro. La sensibilidad de esta prueba abarca concentraciones del orden de 0.4 ppm.

DETERMINACION DE CLORUROS.

Prueba del Nitrato de Plata.

Equipo: Bureta de 25 ml, matraz erlenmeyer, matraz volumétrico de 100 ml, tubos de ensaye y pipetas.

Reactivos:

1.- Solución de Nitrato de Plata.- Se disuelven 2.4 g de nitrato de plata y se afora a 500 ml; se pasan a una botella de color ámbar y se guardan en un lugar obscuro. Esta solución permanece estable si se le protege de la luz.

2.- Solución de Cromato de Potasio.- Se disuelven 6 g de cromato de potasio en agua y se aforan a 100 ml.

Procedimiento:

Se miden con pipeta de 10 ml de solución nutritiva y se colocan en un matraz erlenmeyer; se adicionan de 20 a 30 ml de agua destilada y 5 gotas de la solución de cromato de potasio (No. 2). Se titula con la solución de nitrato de plata (No. 1), agitando constantemente hasta la aparición de una coloración café rojiza permanente. Cada ml de solución de nitrato de plata corresponde a 100 mg de cloruro de la solución nutriente.

DETERMINACION DE COBRE Y ZINC.

Prueba del Zinc.

Equipo: Tubos de ensaye, probeta graduada de 250 ml.

Reactivos:

1.- Indicador de Zinc.- Se disuelven 0.01 g de zincon en 50 ml de alcohol etílico.

2.- Solución reguladora de acetato de sodio (pH 5.2). Se disuelven 5 g de acetato de sodio anhidro en 200 ml de agua y se pasan a una probeta graduada de 250 ml en la cual se vuelven a adicionar 10 ml de ácido acético y posteriormente se afora con agua hasta la marca.

3.- Solución de Bórax (pH aprox. 9). Se disuelven

19.1 g de bórax $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ en agua caliente. Se enfría y se afora a un litro (solución 0.05 M).

Procedimiento:

El procedimiento que sigue es tal vez uno de los más laboriosos: Se toman 10 ml de la solución nutritiva y se le pone 1 ml de la solución reguladora del acetato de sodio (No. 2). Aparte se toman 10 ml de agua destilada exentos de cobre y se le agrega la solución reguladora. El indicador se agrega gota a gota y muy lentamente sin dejar de agitar. La aparición de una coloración azul indica la presencia de cobre en la solución. Al cambiar la coloración a azul violeta, indica que todo el cobre ha pasado a formar un complejo. La cantidad de gotas que se emplearon para producir este cambio de coloración, así como la intensidad del mismo, indican la cantidad de cobre que se encuentra presente en la solución. Si la coloración amarillo rojiza persiste (como se observa en el tubo que contiene únicamente agua), indicará que no existe cobre. Siguiendo el mismo procedimiento pero variando el pH a 9, una coloración azul indica la presencia de zinc en ausencia de cobre. Si al hacer el cambio de pH no hay cambio de coloración, esto indica que no hay ni zinc ni cobre.

Ejemplo:

Se preparan 4 tubos de ensaye; dos de los cuales contienen agua destilada y los otros dos solución nutritiva. Los tubos que contienen agua se ajustan a un pH de 5.2 y 9; lo mis-

mo se hace con los tubos que contienen la solución nutritiva. Se colocan unas gotas de indicador en cada tubo y se comparan los tubos que tienen un pH de 5.2: Si el color del agua y de la solución nutritiva son los mismos, indicarán la ausencia del cobre. Se sigue el mismo procedimiento de análisis para los tubos que contienen un pH de 9, si presentan la misma coloración, indicará que no contienen cobre ni zinc. Si al comparar los tubos de pH 9, existen diferencias en el color, pero son iguales en los de pH 5, indica la existencia de zinc y su concentración dependerá de la intensidad del color. Si existe cambio de coloración en los tubos de pH 5.2 y en los de pH 9, indicará que existe solamente cobre en la solución. Si la coloración es más intensa en el pH de 9 que en el pH 5.2, indica que tanto el cobre como el zinc se encuentran presentes.

DETERMINACION DE MANGANESO.

Prueba del Peroxidisulfato de Amonio.

Equipo: Recipiente de porcelana, tubos de ensaye, pipetas.

Reactivos:

- 1.- Acido sulfúrico concentrado.
- 2.- Peroxidisulfato de amonio $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$.
- 3.- Sulfato de plata.

Procedimiento:

Se toman 10 ml de la solución nutritiva y se le adi-

ciona sulfato de plata tal como se indica en el método del DDS en la prueba de nitratos. Se toma una gota de ésta solución y se coloca en una cápsula de porcelana, se agregan unos cristales de peroxidisulfato de amonio y una gota de ácido sulfúrico concentrado y se mezclan. Se calienta a una temperatura entre 60 y 80°C durante un minuto. Se prepara otra solución siguiendo los mismos procedimientos pero utilizando agua en vez de la solución nutritiva. Si se produce una coloración de color rojo violeta, será indicio de la existencia de manganeso en una concentración de aproximadamente 2 ppm. Si se sospecha que la concentración es menor, se recomienda utilizar la solución nutritiva concentrada.

PRUEBAS DESARROLLADAS PARA LOS MICRONUTRIENTES

Si se cree que puede haber deficiencia de algún micro nutriente, se recomienda hacer las siguientes pruebas: De las soluciones tipo que se prepararon al principio, se toma una pequeña parte y se rocía sobre la parte de la planta en donde se cree que existe la deficiencia. Si la planta realmente se encontraba deficiente en ese elemento, la coloración normal se restablecerá al cabo de 3 a 6 días. Las diluciones que deberán utilizarse para realizar estas pruebas se encuentran en la siguiente tabla:

TABLA 4.5

FIERRO

- 1.- A 1 ml de la solución patrón se le agregan 100 ml de agua.
- 2.- A 0.1 ml de solución patrón se le agregan 100 ml de agua.

ZINC

- 1.- A 0.1 ml de solución se le agregan 100 ml de agua.
- 2.- A una gota de solución se le agregan 100 ml de agua.

COBRE

- 1.- A 1 ml de solución se le agregan 100 ml de agua.
- 2.- A 0.1 ml de solución se le agregan 100 ml de agua.

MANGANESO

- 1.- A 1 ml de solución se le agregan 100 ml de agua.
- 2.- A 0.1 ml de solución se le agregan 100 ml de agua.

BORO

- 1.- A 0.1 ml de solución se le agregan 100 ml de agua.

DETERMINACION DE ALMIDON

Este tipo de pruebas se pueden hacer en tomates, berenjenas, lechugas, pepinos, etc. Las plantas sanas acumulan carbohidratos tales como, el almidón en los tejidos de sus hojas, principalmente después del medio día. A continuación se encuentran los reactivos y el procedimiento para analizar dichas plantas.

Reactivos:

1.- Alcohol etílico o metílico.

2.- Solución de yodo: Se disuelven 1.5 g de yoduro de potasio en 100 ml de agua, se adicionan 0.3 g de cristales de yodo y se mezclan hasta completa disolución.

Procedimiento:

Se colocan unas hojas maduras en alcohol durante un minuto para eliminar la clorofila. Después de transcurrido este tiempo, las hojas habrán quedado sin color; se enjuagan y se pasan a la solución de yodo. Si se tornan azules indicará que existe almidón.

PRUEBAS SOBRE LOS TEJIDOS DE LAS PLANTAS

Este tipo de pruebas se hacen para observar la absor-

ción de los elementos por las plantas. Aún cuando las soluciones nutritivas se encuentren dentro de las especificaciones necesarias, muchas veces las plantas se encuentran deficientes de algunos elementos. Las causas pueden ser daños en las raíces, temperaturas bajas, precipitación de los iones, etc. Por ésta razón se efectúan dichos análisis.

Debido a que algunas pruebas sólo pueden realizarse por personas con experiencia en cortes de tejidos, y a que este tipo de pruebas no se hacen rutinariamente, se mencionarán solamente algunos ejemplos.

Pruebas de Nitratos (Nitrógeno).

Reactivos:

Un gramo de difenilamina se disuelve en 10' ml de ácido sulfúrico concentrado.

Procedimiento.

Se coloca una gota de reactivo sobre un corte diagonal de un pétalo o de un tallo; un color azul subido indica que los niveles de nitrato son los normales. Una coloración azul pálida indica que el nivel de nitratos es bajo. Una carencia de nitratos indica la formación de una coloración café.

Se pueden obtener los mismos resultados si se coloca en un tubo de ensaye el jugo de la hoja o del tallo y se les aplica el reactivo.

Prueba para la Determinación de Fosfatos.

Reactivos:

- 1.- Solución de metavanadato de amonio (ver pruebas de fosfatos).
- 2.- Solución de ácido clorhídrico 1:10 (ver reactivo No. 3 del calcio).

Procedimiento:

Se colocan de 5 a 10 g de hojas machacadas en un tubo de ensaye y se le agregan 20 ml del reactivo No. 2. Después de 2 ó 3 minutos se transfiere de la parte más clara, un mililitro de esta solución y se pasa a un segundo tubo: se le ponen 2 ml del reactivo No. 1. La aparición de un color verde indica la presencia de fosfatos.

Determinación del Oxígeno Disuelto.

Prueba del Ioduro de Azida

Equipo: Frascos con tapón esmerilado, matraces Erlenmeyer de 250 ml, buretas de 10 ó 25 ml y pipetas.

Reactivos:

- 1.- Solución de sulfato de manganeso.- Se disuelven 480 g de $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ (o 400 g de $MnSO_4 \cdot 2H_2O$ ó 364 gramos de

$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) en agua destilada; se diluye a un litro.

2.- Solución alcalina de ioduro.

a) Se disuelven 500 g de hidróxido de sodio (o 700 g de hidróxido de potasio) y 135 g de ioduro de sodio en 900 ml de agua aproximadamente.

b) Se disuelven 10 g de azida de sodio. NaN_3 en 50 ml de agua destilada (este compuesto es explosivo si se le aplica presión). Se mezclan las soluciones a y b y se llevan a un volumen de un litro.

3.- Solución de almidón. Se disuelven 5 g de almidón en una pequeña cantidad de agua destilada y se afora a un litro. Se debe tomar la precaución de hervir el agua antes para eliminar el oxígeno que posiblemente tenga. Una vez formada la solución se utiliza la parte más clara. Se deben poner unas gotas de tolueno o bien 0.5 g de ácido salicílico para preservarla.

4.- Solución de tiosulfato de sodio 0.025 N. Se disuelven 6.205 g de tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) en agua destilada hervida y fría; se agregan 0.5 g de hidróxido de sodio y se llevan a un litro.

5.- Acido sulfúrico concentrado.

Procedimiento.

Se recolecta la solución nutritiva en una botella de tapón esmerilado de 300 ml. Al poner el agua en la botella se debe tener la precaución de no burbujearla sino hacerla resbalar por las paredes de la botella hasta que se derrame y posteriormente

taparla con el tapón esmerilado para evitar en lo posible la formación de burbujas. Se miden 200 ml de la muestra se pasan a un matraz Erlenmeyer haciéndola resbalar por las paredes. Se le adicionan 2 ml de la solución de sulfato de manganeso (No. 1) y 2 ml de la solución alcalina de ioduro haciéndolas resbalar por las paredes del recipiente. Después de que se asiente el precipitado (tarda unos minutos), se adicionan unas gotas de ácido sulfúrico concentrado haciéndolo resbalar por el cuello de la botella, se agita suavemente. Después se le agrega gota a gota un mililitro de solución de tiosulfato hasta que se desarrolla un color paja pálido. Se le agregan de 2 a 5 ml de la solución de almidón (No. 4); con lo cual aparece una coloración azul, se continúa la titulación hasta que desaparezca el color, lo cual corresponde al punto final.

La cantidad de oxígeno presente se puede calcular tomándolo en cuenta que un mililitro de la solución de tiosulfato de sodio corresponde a un miligramo de oxígeno disuelto por litro de solución.

Datos y Graficas

TABLA No 1

Conversión de factores:

UNIDADES DE LONGITUD

multiplique	por el factor	para obtener
centímetros	10	milímetros
"	0.01	metros
"	0.3937	pulgadas
"	0.3281	pies
pies	12	pulgadas
"	0.3333	yardas
"	30.48	centímetros
"	0.3048	metros
metros	100	centímetros
"	0.001	kilómetros
"	39.37	pulgadas
"	3.281	pies
"	1.094	yardas
yardas	3	pies
"	36	pulgadas
"	0.9144	metros
millas	5280	pies
"	1760	yardas

millas	1.6093	kilometros
UNIDADES DE PESO		
kilogramo	2.205	libras
"	1000	gramos
gramos	1000	miligramos
"	0.05527	onzas
"	0.00220462	libras
gramos/1000litros	0.0084	libras/1000 galon es
miligramos	0.001	gramos
libras	0.454	kilogramos
"	16	onzas
"	0.12	galones
libras/1000 galones	133	gramos/1000 li - tros
onzas	0.0625	libras
"	28.3495	gramos
toneladas metricas	2205	libras
"	1000	kilogramos
libras de agua	0.016	pies cúbicos de agua
"	27.68	pulgadas " " agua

libras de agua 0.1198 galones de agua

UNIDADES DE AREA

acre 43,560 pies cuadrados
" 4840 yardas cuadradas
" 0.40468 hectáreas
" 4046.8 metros cuadrados
pies cuadrados 144 pulgadas "
" " 0.929 metros "
millas cuadradas 640 acres
" " 258.99 hectáreas
yardas cuadradas 9 pies cuadrados
" " 0.83613 metros cuadrados

UNIDADES DE VOLUMEN

litros 0.03531 pies cúbicos
" 61.02 pulgadas cúbicas
" 0.2642 galones
" 1000 mililitros
" 1000 centímetros cúbicos
" 1.06 cuartos (U.S.)
galones 0.1337 pies cúbicos
" 3.785 litros

galones	0.83267	galones imperiales
"	231	pulgadas cúbicas
centímetros cúbicos	6.102×10^{-3}	" "
"	$1 \times 10^{+6}$	metros cúbicos
"	3.53×10^{-5}	pies cúbicos
"	2.65×10^{-4}	galones
"	1.057×10^{-3}	cuartos
"	1000	litros
mililitros	1000	litros
pies cúbicos	2.835×10^4	centímetros cúbicos
"	1728	pulgadas cúbicas
"	7.48052	galones
"	28.32	litros
pulgadas cúbicas	1.639×10^{-2}	litros
"	16.39	centímetros cúbicos
"	4.329×10^{-3}	galones
"	5.787×10^{-4}	pies cúbicos
metros cúbicos	264.2	galones
" "	35.31	pies cúbicos

UNIDADES DE CONCENTRACION

partes por millon	1	miligramos por <u>li</u> tro
" " "	0.001	gramo por litro
" " "	0.1	libras por 12000gal.
" " "	1	onzas por 7400 gal.
gramos por litro (g/l)	1000	partes por millón

UNIDADES DE TEMPERATURA

$$F = (°C \times 9/5) + 32$$

$$C = (°F - 32) \times 9/5$$

TABLA 2

RANGOS DE ELEMENTOS Y IONES PRESENTES EN LAS SOLUCIONES NUTRIENTES, AGUA Y PLANTAS (EN PPM O SEGUN SE ESPECIFIQUE)

	Sol Nutritiva preparada con agua común			Sol. Nutritiva preparada con agua salina			Cantidad Presente con agua común	Cantidad pre-- sente en agua- salina		Cantidad en Plantas (pesadas en seco)	
	Cantidad Insuficiente	Optima	Máxima Exceso	Cantidad Insuficiente	Optima	Máxima Exceso		Rango Medio	Rango Alto	Generalmente presente	Rango alto
Nitratos NO_3^-	200	300-900	1000	300	300-900	1000	} 0-8			} 0.2-4 %	
Amonio NH_4^+	-	0-40	100	-	0-40	100					
Fosfato PO_4^{3-}	90	90-275	300	90	150-300	460	0-15			0.3-3.0 %	
Potasio K^+	150	200-400	600	150	200-400	600	0-15			0.2-3.5 %	
Calcio Ca^{2+}	100	150-400	600	100	150-400	600	5-50	50-100	200	0.1-10 %	
Magnesio Mg^{2+}	25	25-75	150	25	50-100	200	0-10	10-60	140	0.05-10 %	
Sulfato SO_4^{2-}	150	200-1000	1000	200	200-1000	1000	0-20	20-200	900	0.2-2 %	
Cloruro Cl^-	30	-350	600	30	700-1000	1500	5-300	300-600	1500	0.2-1 %	
Sodio Na^+	-	-	400	-	400-500	800	1-200	300-400	800	0.1-10 %	a 15 %
Hierro Fe^{2+}		0.5-2			0.8-3		0.05-1.0			20-100	a 1500 %
Ac. Bórico H_3BO_3		0.2-1	5		0.2-1	5	0.1-0.5	1-10	20	10-100	a 600 %
Zinc Zn^{2+}		0.2-2	20		0.8-4	20	1			5-75	a 600 %
Cobre Cu^{2+}		0.1-2	5		0.8-3	10	0.05-0.5			1-25	
Manganeso Mn^{2+}		1-5	15		1-5	15	10			5-50	a 800 %
Cobalto Co^{2+}							0.01			0.01-1.2	
Fluoruro F^-							0.05-1.0	5-10	15	-1.0	a 800 %
Molibdeno Mo^{2+}							0.01			0.01-20	

NOTA: EL GUIÓN INDICA AUSENCIA DEL IÓN O ELEMENTO; UN ESPACIO EN BLANCO INDICA FALTA DE INFORMACIÓN.

TABLA 3

COMPOSICION DE SOLUCIONES NUTRITIVAS USADAS EN DIFERENTES LUGARES

	N ₂		NO ₃ ⁻		NH ₄ ⁺		PO ₄ ³⁻	
	mM	ppm	mM	ppm	mM	ppm	mM	ppm
Israel:								
a) Sol. tipo	7 ^x	98	6	84	1	18	3	288
b) Sol con agua salina	8 ^x	112	8	112	0.5	9	2.3	22-288
California	15	210	14	868	1	18	1	96
Universidad Perdue	7	98	5	310	2	36	1	96
Nueva Jersey	10.4	145	9	558	1.4	25	2.3	219
Africa del Sur	14	200	14	200	-	-	2.1	201
	K ⁺		SO ₄ ²⁻		Mg ²⁺		Ca ²⁺	
	mM	ppm	mM	ppm	mM	ppm	mM	ppm
Israel:								
a) Sol. tipo	8	312	5	480	1.8	43	3.1	124
b) Sol. con agua salina	10	390	-	-	-	-	-	-
Contenido total de sales de b)	10	390	14	1340	8	192	12	480
California	6	324	2	192	2	48	4	160
Universidad de Perdue	10	390	6	576	1	24	4.5	180
Nueva Jersey	2.3	90	3	288	2.3	55	4.5	180
Africa del Sur	7.7	300	-	-	2.1	50	8	320

* Se agrega 1 nM a un total de 12 mM por semana durante las primeras 6 a 8 semanas.

TABLA 4

CANTIDADES QUE SUPLEN 1 MILIMOL DE NUTRIENTE

SALES	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	NH ₄
	g/1000 litros							
KNO ₃	110	-	-	-	110	-	-	-
Ca (NO ₃) ₂	90	-	-	-	-	-	180	-
NaNO ₃	90	-	-	-	-	-	-	-
(NH ₄) ₂ SO ₄	-	-	140	-	-	-	-	70
NH ₄ NO ₃	80	-	-	-	-	-	-	80
NH ₄ H ₂ PO ₄	-	140	-	-	-	-	-	140
NH ₄ H ₂ PO ₄ (Técnico)	-	120	-	-	-	-	-	120
(NH ₄) ₂ HPO ₄ Técnico)	-	140	-	-	-	-	-	70
KH ₂ PO ₄	-	140	-	-	140	-	-	-
KCl	-	-	-	80	80	-	-	-
K ₂ SO ₄	-	-	200	-	100	-	-	-
CaH ₄ (PO ₄) ₂ (Técnico)	-	135	-	-	-	-	270	-
CaH ₄ (PO ₄) ₂ (Super Triple)	-	155	-	-	-	-	310	-
CaH ₄ (PO ₄) ₂ (Super Sencillo)	-	375	-	-	-	-	370	-
MgSO ₄ ·7H ₂ O (Sal Epsom)	-	-	260	-	-	260	-	-
MgSO ₄ (Anhidro)	-	-	130	-	-	130	-	-
CaSO ₄	-	-	190	-	-	-	190	-
CaCl ₂	-	-	-	75	-	-	150	-

Ejemplo: Para sustituir una milimol de nitrato, se le ponen 110g de KNO₃ o 90 g de nitrato de calcio a 1000 litros de agua.

TABLA 5

PESO EN GRAMOS DE VARIAS SUSTANCIAS, QUIMICAS FACILES DE ADQUIRIR
 PARA LA PREPARACION DE 1000 LITROS DE SOL. NUTRITIVA.

Sustancias Químicas (Para Macroelementos)	AGUA NO SALINA				Agua Salina
	Solución I	Solución II	Solución III	Solución IV	
Nitrato de Calcio	—	—	—	800	—
Nitrato de Sodio	750	—	—	—	—
Nitrato de Potasio	—	800	400	—	900
Sulfato de Potasio	750	—	400	—	—
Fosfato de Potasio	—	—	—	300	—
Sulfato de Magnesio	450	450	450	450	—
Superfosfato Triple	350	—	350	—	—
Acido Fosfórico	—	120	—	—	140
Sulfato de Calcio	120	200	—	—	—
Nitrato Amónico de Calcio	—	—	500	—	—
Sulfato de Amonio	120	120	—	120	—
Sustancias Químicas (para microelementos)					
Sulfato Ferroso			5.0		8.0
Fierro secuestrante	Las cantidades dadas en el texto				—
Acido Bórico			3.0		1.5
Borax (Ver tabla 8)			10.0		4.0
Sulfato de cinc			0.2		0.3
Sulfato de Cobre			0.2		0.3
Sulfato de Manganeso			1.0		1.0

TABLA 6

COMPOSICIONES DE LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS USADAS COMERCIALMENTE Y PARA EXPERIMENTACION (GRAMOS POR 1000 LITROS DE AGUA)

SUSTANCIAS QUIMICAS	Sol. Comercial (Agua común) en Israel.	Sol. Comercial (Agua salina) en Israel	N. Jersey Estac. Experimental (Turner)	Edo. Ohio Edo. Experimental (Kiplinger)	Naaldwijk Estac. Experimental Holanda.	Weihenstephan Estac. Expt. (Penningsfeld) Alemania	Weihenstephan Estac. Expt. (Luck) Alemania	Cal. Est. Expt. (Hoagland)	Cal. Est. Expt. (Comercial) (Ellis)
Nitrato de calcio	-	-	2430	-	900	868	692	90	720
Nitrato de sodio	750	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrato de potasio	-	900	-	608	440	416	315	540	660
Sulfato de potasio	750	-	-	-	-	-	-	-	-
Fosfato monopotásico	-	-	285	-	-	284	-	-	-
" monoamónico	-	-	-	-	-	-	-	-	120
" monocálcico	-	-	-	282	-	-	-	140	-
Pantentkali 28% K ₂ O	-	-	-	-	400	-	346	-	-
Sulfato de magnesio	450	-	570	511	150	378	-	130	520
Superfosfato	-	-	-	-	-	-	692	-	-
" Triple	-	-	-	-	250	-	-	-	-
Acido fosfórico	120	140	-	-	-	-	-	-	-
Sulfato de calcio	200	-	-	1214	-	-	-	-	-
Sulfato de amonio	120	60	150	110	10	10	-	-	-
Sulfato ferroso	5	8	-	2.5-5	-	20	14	14	-
Acido Bórico	-	1.5	-	1.4-2.8	-	-	-	-	-
Borax	10	-	-	-	10	10	5	1.7	-
Sulfato de cinc	0.2	0.3	-	0.1-0.2	0.04	0.04	0.1	0.8	-
Sulfato de cobre	0.2	0.3	-	0.1-0.2	0.04	0.04	0.1	0.6	-
Sulfato de manganeso	1.0	1.0	-	1-2	5	5	2.5	2	-
Molibdato de sodio	-	-	-	-	0.125	-	-	-	-
Contenido Total de Sales	2406	1108	3435	2725	2129	1991	3066	9.9	2020

TABLA 7

PROPIEDADES DE LAS SALES (MACRONUTRIENTES)

S A L	PESO MOLECULAR	Contenido en % aprox. del elemento nutriente corregido para impurezas normales.	Acción ácida básica o neutra.	Relación de Solvente a Agua.	Forma de Almacénario.
Nitrato de potasio KNO_3	101.10	13-N, 36K	Neutra	1:4	seco
Nitrato de calcio $Ca(NO_3)_2$	164.10	16.5N, 235Ca	"	1:1	cerrado y seco
Nitrato de sodio $NaNO_3$	85.01	15.5N	"	1:1	seco
Sulfato de amonio $(NH_4)_2SO_4$	132.15	20.5N	Acida	1:2	-
Nitrato de amonio NH_4NO_3	80.09	40 N	"	1:1	seco y frío
Fosfato monoamónico $NH_4H_2PO_4$	115.04	13 N, 22P	"	1:4	-
Fosfato diamónico $(NH_4)_2HPO_4$	132.07	12 N, 22P	Básica	1:2	-
Fosfato monopotásico KH_2PO_4	136.09	28K, 22.5P	Acida	1:3	-
Fosfato dipotásico K_2HPO_4	174.18	-	Básico	1:1	-
Cloruro de potasio KCl	74.55	49 K	Neutra	1:3	cerrado y seco
Sulfato de potasio K_2SO_4	174.26	49 K	"	1:15	-
Fosfato monocalcico $Ca(H_2PO_4)_2$ 2.H ₂ O	252.09	-	Acido	1:60	-
Superfosfato simple $CaH_4(PO_4)_2$	Variable	16.2P, 12Ca	"	1:400	-
Superfosfato triple $CaH_4(PO_4)_3$	"	32-40P 5 Ca	"	1:300	-
Sulfato de magnesio $MgSO_4 \cdot 7H_2O$	246.50	9.5Mg	Neutra	1:2	-
Sulfato de magnesio anhidro $MgSO_4$	120.39	10.5 Mg	"	1:10	cerrado y seco*
Cloruro de Magnesio $MgCl_2 \cdot 6H_2O$	203.33	-	"	-	cerrado y seco
Sulfato de calcio $CaSO_4 \cdot 2H_2O$	172.18	22 Ca	"	1:500	-
Cloruro de calcio $CaCl_2 \cdot 6H_2O$	219.09	20 Ca	"	1:1	cerrado y seco*

* MUY HIGROSCOPICO.

TABLA 8
PROPIEDADES DE LAS SALES (MICRONUTRIENTES)

SAL	FORMULA	PESO MOLECU- LAR	NEUTRO ACIDO O BASICO	SOLUBILI- DAD g/100 ml. DE AGUA	FORMAS DE ALMA CENAMIENTO
Sulfato ferroso	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	278.03	ácido	21	-
Cloruro férrico	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	270.32	"	45	botella ambar
Sulfato ferroso amonico	$\text{FeSO}_4(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	392.16	"	21	cerrado y seco
Acido bórico	H_3BO_3	61.84	"	4.9	-
Tetraborato de sodio	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	381.43	básico	3.7	-
Sulfato de cobre	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	249.69	ácido	18.7	-
Cloruro de cobre	$\text{CuCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	170.49	"	42.2	cerrado y seco
Sulfato de manganeso	$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	223.06	"	38	-
Cloruro " "	$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	197.91	"	43	seco (higroscó- pico)
Sulfato de Zinc	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	287.56	"	36.6	-
Cloruro " "	ZnCl_2	136.29	"	78	cerrado y seco

TABLA 9

FACTORES DE CONVERSION PARA LAS SALES

A	B	Factores de Conversión	
		A a B	B a A
Nitrógeno (N)	Amoniaco (NH ₃)	1.216	0.822
" "	Nitrato (NO ₃ ⁻)	4.426	0.226
" "	Sulfato de amonio (NH ₄) ₂ SO ₄	4.716	0.212
" "	Nitrato de sodio (NaNO ₃)	6.017	0.165
" "	Nitrato de potasio (KNO ₃)	7.214	0.139
Nitrato de Sodio NaNO ₃	Sodio (Na) ⁺	0.270	3.690
" " "	Amoniaco (NH ₃)	0.204	4.992
Fosforo (P)	Fosfato (PO ₄) ³⁻	3.066	0.326
Acido fosfórico	Fósforo (P)	0.437	2.289
" "	Fosfato monocálcico (CaH ₄ (PO ₄) ₂ ·2H ₂ O)	1.648	0.607
Potasio (K)	Potasio ash (K ₂ O)	1.205	0.830
" "	Nitrato de potasio (KNO ₃)	2.559	0.386
" "	Sulfato de potasio (K ₂ SO ₄)	2.228	0.449
" "	Cloruro de potasio (KCl)	1.907	0.524
" "	Carbonato de potasio (K ₂ CO ₃)	1.767	0.566
" "	Bicarbonato de potasio (KHCO ₃)	2.580	0.388
Potasa ash (K ₂ O)	Nitrato de potasio (KNO ₃)	2.147	0.466
" "	Sulfato de potasio (K ₂ SO ₄)	1.851	0.540
" "	Cloruro de potasio (KCl)	1.583	0.632
Oxido de Calcio (CaO)	Carbonato de Calcio (CaCO ₃)	1.785	0.560
" " "	Sulfato de calcio CaSO ₄)	2.428	0.412
" " "	Calcio (Ca) ²⁺	0.715	1.399
" " "	Fosfato tricálcico (Ca ₃ (PO ₄) ₂)	1.844	0.542
" " "	Gypsum (CaSO ₄ · 2H ₂ O)	3.071	0.326
Hidróxido de Calcio (Ca(OH) ₂)	Calcio (Ca) ²⁺	0.541	1.849
" " "	Oxido de Calcio (CaO)	0.757	1.321
Carbonato " " (CaCO ₃)	Calcio (Ca) ²⁺	0.400	2.497
" " "	Hidróxido de calcio (Ca(OH) ₂)	0.741	1.351

TABLA 9

CONTINUACION

A	B	Factores de Conversión	
		A a B	B a A
Sulfato de magnesio ($MgSO_4$)	Oxido de magnesio (MgO)	0.335	2.986
" " "	Magnesio (Mg^{2+})	0.200	4.95
Oxido de magnesio (MgO)	Magnesio (Mg^{2+})	0.603	1.666
Sulfato de magnesio técnico $MgSO_4 \cdot 7H_2O$	Oxido de magnesio (MgO)	0.164	6.11
Azufre (S)	Acido sulfúrico (H_2SO_4)	3.059	0.327
Fierro (Fe)	Sulfato ferroso ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$)	4.98	0.200
Boro (B)	Borax ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$)	8.807	0.114
Cobre (Cu)	Sulfato de cobre ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)	3.930	0.255
Manganeso (Mn)	Sulfato de manganeso ($MnSO_4 \cdot 4H_2O$)	4.060	0.250
" "	Oxido de " (MnO)	1.290	0.775

NOTA: %

TABLA 10

SINTOMAS FOLIARES PROVOCADOS POR LA DEFICIENCIA

Daños Iniciales en Hojas Maduras:

I DAÑO GENERAL	DEFICIENCIA
1.- Necrosis del tejido.	N ₂
a) crecimiento enano, las plantas presentan un color verde claro; el color de las <u>ho</u> jas más viejas cambia de color verde <u>ama</u> rillo a amarillo y en fases posteriores se secan y toman una coloración café.	
2.- No hay necrosis en el tejido	P
a) crecimiento enano; las plantas presentan una coloración verde obscura anormal; -- presentan abundantes coloraciones roji--zas y púrpuras; algunas veces las hojas--más viejas presentan clorosis.	
II DAÑO LOCALIZADO POR AREAS.	
1.- La clorosis comienza por las puntas y márg <u>e</u> nes de las hojas y progresa entre las venas de la misma; se forman espacios necróticos--en las hojas que le dan una apariencia ras--gada. Las hojas se curvean.	K

- 2.- En las hojas más viejas aparecen espacios cloróticos irregulares localizados entre las venas. La necrosis aparece rápidamente seguida de la defoliación. Zn
- 3.- La clorosis se inicia entre las venas de las hojas más viejas; las hojas se tornan amarillas y luego blancas, permaneciendo las venas generalmente verdes. La necrosis no es usual. Mg

Daños Iniciales en Hojas Jóvenes:

- | I DAÑO GENERAL | DEFICIENCIA |
|--|-------------|
| 1.- La coloración de toda la planta oscila entre verde pálido y verde amarillento. La clorosis es más pronunciada en las hojas jóvenes. | S |
|
II DAÑO LOCALIZADO POR AREAS | |
| 1.- Necrosis del tejido | Mn |
| a) aparece la clorosis entre las venas de las hojas jóvenes, las cuales se tornan amarillas o blancas. Las venas permanecen verdes; posteriormente presentan espacios necróticos y clorosis. | |
| b) la clorosis generalmente comienza en la | B |

DEFICIENCIA

base y los márgenes de las hojas jóvenes, seguidas de necrosis. Si la deficiencia es mas severa, los brotes se tornan cafes o negros y finalmente mueren.

c) la clorosis generalmente comienza en las puntas -- Ca
y margenes de las hojas jóvenes y avanza entre las --
venas, seguidas por la necrosis. En deficiencias más--
severas los brotes se tornan cafes o negros y mueren.
Una característica muy peculiar es la presencia de --
raices cortas.

2.- No hay necrosis en los tejidos

a) las hojas jóvenes presentan clorosis entre las ve-- Fe
nas permaneciendo éstas verdes, posteriormente hojas y
venas se tornan blancas.

b) existe un marchitamiento muy marcado en la planta - Cu
entera; algunas veces se presenta la clorosis en las -
hojas más jóvenes.

TABLA 11

SINTOMAS FOLIARES PROVOCADOS POR LA TOXICIDAD REF. 10.

Daños Iniciales en Hojas Maduras:

I DAÑO GENERAL

TOXICIDAD

1.- Necrosis del tejido

a) las hojas se tornan ligeramente mas oscuras y pequeñas; algunas veces las hojas se enro -- llan. En fases avanzadas las plantas se marchi -- tan y mueren, sobre todo en días luminosos.

Mg

b) amarillamiento general de las hojas; las pun -- tas de las hojas más viejas y sus margenes se -- tornan amarillentas o cafés, seguidas por la -- aparición de espacios necróticos; posteriormen -- te aparece el rasgado de las hojas (síntoma pa -- recido al de deficiencia de potasio o de nitró -- geno).

P

2.- No hay necrosis en el tejido

a) la planta se endurece en forma general.- ho -- jas pequeñas. Algunas plantas presentan espa -- cios de color café púrpura en las hojas más vie -- jas, seguido de la caída de las mismas.

Cl

b) endurecimiento general de la planta.- las --

SO₄

TOXICIDAD

hojas son de color azul verdoso, pequeñas, con tallos duros y con brotes de color amarillo pálido, posteriormente las hojas se enrollan.

c) Etapas Primarias: internodos largos, hojas de color verde amarillo. Etapas posteriores: - crecimiento enano general, hojas con espacios- cafés, marchitas y posteriormente rasgadas.

K

II DAÑO LOCALIZADO POR AREAS

1.- Necrosis del tejido

TOXICIDAD

a) se desarrolla una clorosis marginal en las hojas, la cual se extiende hacia las venas, -- seguido de una necrosis de color café y un enroscamiento de la orilla de la hoja. La hoja -- se divide en forma semejante a la provocada -- por la deficiencia de potasio o de fierro; finalmente viene una clorosis total.

N₂

(nitratos y amonio)

b) se desarrolla una clorosis intravenosa, algunas partes se tornan blanquiscas y necróticas. La necrosis puede ser coloreada o presentar anillos concéntricos. Finalmente viene la defoliación (daño semejante a la deficiencia - de fierro o de mangesio).

Ca

- c) clorosis de los márgenes y puntas de las hojas. La clorosis se extiende hacia dentro particularmente entre las venas hasta que la hoja completa se torna amarilla pálida o blanquisca; los márgenes se quemán y aparece la necrosis. B
- d) algunas partes de la planta se encuentran sobrecargadas de agua, sobretodo las venas - las cuales permanecen verdes, otras áreas -- pueden permanecer transparentes. Se desarrolla una clorosis intervenosa que posteriormente se torna café. Cuando la hoja se torna completamente café se cae. Zn
- e) Aparece la clorosis en las hojas inferiores seguida de la aparición de sitios cafés- y luego de defoliación. Cu

Daños Iniciales en Hojas Jovenes:

I DAÑO GENERAL

1.- Necrosis en el tejido

- a) Hay clorosis en las hojas jovenes; las hojas se tornan amarillas, los brotes mueren y las hojas viejas pueden caerse sin marchitarse. Zn

se. Las venas toman una coloración roja o negra.

II DAÑO LOCALIZADO POR AREAS

1.- Necrosis del tejido

a) aparece la clorosis intervenal en las hojas jóvenes con espacios necróticos de color casi blanco, amarillo o café obscuro. Las hojas se vuelven distorsionadas, diferencia principal con respecto a la deficiencia de este elemento. Mn

2.- Necrosis de los tejidos

a) La clorosis aparece entre las venas de las hojas jóvenes las cuales permanecen verdes y posteriormente se tornan amarillas o blancas, síntoma similar a los provocados por la deficiencia. Fe

b) Clorosis de las hojas jóvenes y venas de color verde. Cu

Nota: Esta tabla se preparó de la compilación de literatura y observaciones prácticas, se considera incompleta sirve únicamente como guía. REF. 10.

COMPUESTOS QUE SE UTILIZAN COMUNMENTE EN HIDROPONIA

COMPUESTO	FORMULA	PESO MOLECULAR	1 PESO EQUIVALENTE
Acido acético	CH ₃ COOH	60.03	1 = PM
Amoniaco	NH ₃	17.03	1 = PM
Amonio	NH ₄ ⁺	18.04	1 = PM
Cloruro de amonio	NH ₄ Cl	53.30	1 = PM
Sulfato de amonio	(NH ₄) ₂ SO ₄	132.14	1 = 1/2 PM
Carbonato de Bario	BaCO ₃	197.36	1 = 1/2 PM
Cloruro de bario (Hidratado)	BaCl ₂ ·2H ₂ O	233.36	1 = 1/2 PM
Hidróxido de bario	Ba(OH) ₂	171.38	1 = 1/2 PM
Óxido de bario	BaO	153.36	1 = 1/2 PM
Carbonato de calcio	CaCO ₃	100.08	1 = 1/2 PM
Cloruro de calcio (anhidro)	CaCl ₂	110.99	1 = 1/2 PM
Cloruro de calcio hidratado	CaCl ₂ ·6H ₂ O	219.09	1 = 1/2 PM
Hidróxido de calcio	Ca(OH) ₂	74.10	1 = 1/2 PM
Oxido de calcio	CaO	56.08	1 = 1/2 PM
Sulfato de calcio (anhidro)	CaSO ₄	136.14	1 = 1/2 PM
Sulfato de calcio (hidratado gypsum)	CaSO ₄ ·2H ₂ O	172.18	1 = 1/2 PM
Acido cítrico	C ₆ H ₈ O ₇ ·H ₂ O	210.00	1 = 1/3 PM
Oxido de cobre	CuO	79.57	1 = 1/2 PM
Sulfato de cobre (hidratado)	CuSO ₄ ·5 H ₂ O	249.71	1 = 1/2 PM
Acido Clorhídrico	HCl	36.47	1 = PM
Sulfato de fierro (hidratado)	FeSO ₄ ·7H ₂ O	278.916	1 = 1/2 PM
Carbonato de magnesio	MgCO ₃	84.32	1 = 1/2 PM
Cloruro de magnesio (anhidro)	MgCl ₂	95.23	1 = 1/2 PM
Cloruro de magnesio (Hidratado)	MgCl ₂ ·6H ₂ O	203.33	1 = 1/2 PM
Oxido de magnesio	MgO	40.32	1 = 1/2 PM
Sulfato de magnesio	MgSO ₄	120.38	1 = 1/2 PM
Sulfato de manganeso	MnSO ₄	150.99	1 = 1/2 PM
Acido Nítrico	HNO ₃	63.02	1 = PM
Acido fosfórico	H ₃ PO ₄	98.04	1 = 1/3 PM
Bicarbonato de potasio	KHCO ₃	100.11	1 = PM
Carbonato de potasio	K ₂ CO ₃	138.20	1 = 1/2 PM
Cloruro de potasio	KCl	74.56	1 = PM
Hidróxido de potasio	KOH	56.11	1 = PM
Sulfato de potasio	K ₂ SO ₄	174.26	1 = PM
Nitrato de plata	AgNO ₃	169.89	1 = PM
Bicarbonato de sodio	NaHCO ₃	84.03	1 = PM
Carbonato de sodio	Na ₂ CO ₃	105.99	1 = 1/2 PM
Cloruro de sodio	NaCl	58.43	1 = PM
Hidróxido de sodio	NaOH	40.00	1 = PM
Sulfato de sodio	Na ₂ SO ₄	142.06	1 = PM
Acido sulfúrico	H ₂ SO ₄	98.08	1 = 1/2 PM
Sulfato de Zinc (hidratado)	ZnSO ₄ ·7 H ₂ O	237.54	1 = 1/2 PM

pH RECOMENDADOS PARA DIFERENTES COSECHAS REF. 18.

Cosecha	Rangos de pH						
	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5
Alcachofa						6.5	7.0
Erijol			5.0	5.5	6.0		
Col				6.0	6.5	7.0	
Apio				5.5	6.0	6.5	
Pepino			5.0	5.5	6.0		
Berenjena			5.0	5.5			
Lechuga			5.0	5.5	6.0		
Cebolla				6.0	6.5		
Papa			5.0	5.5			
Chicharo				6.0	6.5	7.0	
Pimienta			5.0	5.5	6.0		
Rábano			5.0	5.5	6.0		
Espinacas				6.0	6.5	7.0	
Tomate			5.0	5.5	6.0		
Melón		4.5					
Espárragos				6.0	6.5	7.0	
Begonia		4.5	5.0				
Clavel				6.0	6.5		
Crisantema			5.0	5.5	6.0	6.5	
Dalia			5.0	5.5	6.0		
Gladiola			5.0	5.5	6.0		
Uva			5.0	5.5	6.0		
Chicharo dulce				6.0	6.5	7.0	
Rosa			5.0	5.5	6.0		
Fresa			5.0	5.5	6.0		
Violeta				6.0	6.5	7.0	

TABLA 14

PROBLEMAS Y POSIBLES CAUSAS

PROBLEMAS

CAUSAS

1.- Plantas marchitan
dose y muriendo.

- Medio de soporte muy mojado
- Funcionan los agujeros del drenaje
- Medio de soporte demasiado seco
- Exceso de sales
- Falta de aireación
- Heladas
- Demasiado calor
- Camas con materiales tóxicos
- Poca atención
- Falta de cuidados al mezclar los
nutrientes
- Insectos (pestes)
- Mala ventilación
- Transplantes toscos, causando da
ño a las raíces
- Condiciones atmosféricas muy hú-
medas
- Descuido, daño causado por anima
les o niños

2.- Crecimiento

muy lento.

- Falta de nitrógeno
- Sales nutrientes insuficientes
- Poca luz
- Las plantas no reciben los nutrientes
- Follaje muy sucio
- Temperatura insuficiente
- Condiciones insalubres

3.- Ausencia de fru-

to.

- Colmenas visitando las flores
- Ha habido fertilización
- El suministro de potasio es adecuado
- Medio de soporte muy mojado
- Medio de soporte muy seco
- La siembra de las semillas fué muy profunda
- Las semillas eran de mala calidad o débiles
- Acidez excesiva

4.- Mala germina -

ción o ausencia de

ella.

- Medio de soporte muy mojado
- Medio de soporte muy seco
- La siembra de semillas fué muy profunda
- Existencia de hormigas que se

lleven las semillas

- Semilla de mala calidad
- Riego excesivo
- Medio de soporte muy frío
- Estación del año muy caliente
- Demasiada sombra
- Deficiencia de fierro
- Ausencia de algún elemento
- Agua proveniente de tuberías galvanizadas
- Medio de soporte calcáreo
- Insuficiencia de nutrientes

5.- Amarillamiento

TABLA 15

CULTIVO DE VEGETALES EN HIDROPONIA REF. 18.

COSECHA	ESPACIAMIENTO (cm)		Número de hi leras en una cama de 1m - de ancho	Peso de semillas g/1000m ²	No. de se millas 1000 m ²
	Entre hileras	En hileras			
Esparragos	35	15	3		
Frijoles	30-40	10	3		2,500
Apio	20-30	10	3		2,500
Pepino	50	15	2	350-400	12,000
Pepino Europeo	60	50	2		4,000
Berenjena	60	40	2		5,000
Lechuga (romana)	20-25	20	5(2*)	1000-1200	20,000
Lechuga (de hoja)	30	25	5-6(2*)	1000-1200	15,000
Melón	60-80	40	2	300-400	2,500
Cebolla verde*	15	3-4	2*	1000-1200	
Chícharo	40	10	3	4000-6000	2,500
Pimienta	50	40	3		5,000
Rábano*	10-15	2-3	2*	400-600	
Tomate	60	25-30	2		5000-6000

* Cosecha inter-hilera.

TABLA 16

Segunda parte de

PROBLEMAS Y POSIBLES CAUSAS

1.- Planta que no crece o crece lentamente:

- Clima muy frío
- alimentación pobre
- Demasiado riego

2.- Marchitamiento:

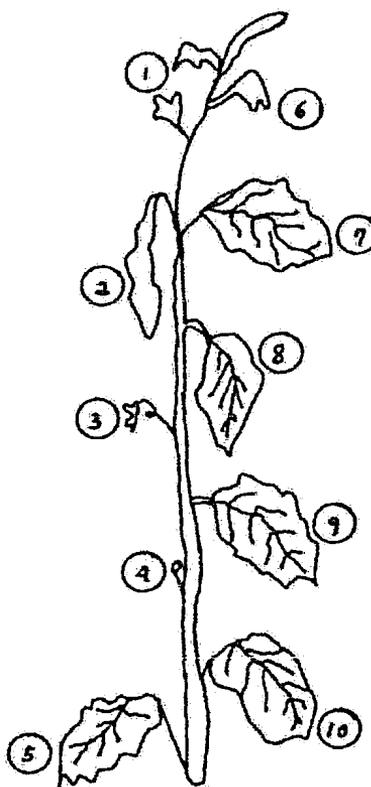
- Falta de agua (temporal)
- Mucho frío o calor
- Estancamiento del agua

3.- Caída de brotes y flores:

- Aire seco
- Riego excesivo

4.- Caída de hojas repentina:

- Temperatura repentina extrema.
- Cambio en la intensidad de luz
- Vientos fríos
- excesivo riego



- 5.- Putrefacción de las hojas y Tallos:
 - Plagas
 - Exceso de humedad
- 6.- Hojas pálidas con crecimiento enroscado:
 - Luz inadecuada
 - Mucho calor
 - Mucha humedad
 - Alimentación pobre
- 7.- Hojas tornándose de color verde oscuro:
 - Luz inadecuada
- 8.- Amarillamiento de las hojas seguido de su caída:
 - Exceso de riego
 - Aire seco
 - Vientos fríos
- 9.- Hojas con márgenes o espacios cafés:
 - Aire caliente seco
 - Exceso de riego
 - Quemadura solar
 - Exceso de alimentación
- 10.- Hojas amarillentas que permanecen firmes y sanas:
 - Condiciones muy alcalinas
 - Suministro de agua muy dura

TABLA 17

COSECHAS DE VEGETALES EN HIDROPONIA REF. 18.

Cosecha	Espaciamento Entre hileras	(cm) En hileras	Peso de semillas g/m ²
Berenjena	12-14	4-5	1.5-2
Lechuga (hoja)	8-10	2	1
Pimienta	10-15	2-4	2-3
Tomate	12-14	2-4	1.5-2

TABLA 18

DEFICIENCIAS MINERALES

<u>SINTOMAS</u>	<u>DEFICIENCIA</u>
1.- Crecimiento lento, y desarrollo pobre de las hojas con coloraciones amarillentas o verde pálida.	N ₂
2.- Hojas anormales con coloraciones verde oscuro y algunas veces con decoloraciones verdes o grises.	P
3.- Hojas moteadas que se tornan chamuscadas y de color café.	K
4.- Plantas enanas con hojas de color verde oscuro.	Ca
5.- Hojas amarillas con manchas de color blanco que posteriormente se tornan cafés y floración tardada.	Mg
6.- Hojas con coloración amarilla localizada entre las venas, seguidas de quemaduras.	Fe
7.- Floración pobre seguida de un crecimiento lento.	Mn
8.- Venas que se tornan amarillas y con áreas muertas de color púrpura en la base de la hoja	S
9.- Tallos frágiles y quebradizos.	B
10.- Crecimiento enano.	Zn

TABLA 19

TOLERANCIA RELATIVA HACIA EL BORO REF. 1.

TOLERANCIA (4 ppm)	SEMITOLERANTE (1 ppm)	SENSIBLE (0.3 ppm)
<p>Espárrago</p> <p>Habas</p> <p>Cebolla</p> <p>Col</p> <p>Lechuga</p> <p>Gladiola</p>	<p>Chícharos</p> <p>Papa</p> <p>Tomate</p> <p>Rábano</p> <p>Calabaza</p> <p>Pimiento morrón</p>	<p>Uva</p>

TABLA 20

PLANTAS QUE EXHIBEN SINTOMAS MARCADOS DE DEFICIENCIA Y TOXICIDAD UTILIZADOS FRECUENTE COMO INDICADORES :

PLANTA	SINTOMAS DE DEFICIENCIA	SINTOMAS TOXICOS DE
Coliflor	Nitrógeno, calcio, magnesio y fierro	Manganeso
Tomate	Fierro y calcio	
Frijoles	Potasio, fósforo y nitrógeno	Salinidad, boro
Papas	Magnesio y manganeso	
Pepino	Nitrógeno	Fósforo

TABLA 21

Fertilizador	Número de onzas requeridas por unidad de volúmen para dar una concentración de una parte por millón. (calculadas para 100 gal. de agua).
Nitrato de sodio	0.103 de N ₂
Nitrato de calcio	0.135 de N ₂ y 1.4 Ca
Sulfato de amonio	0.076 de N ₂
Nitrato de potasio (para nitrógeno)	0.122 de N ₂ y 2.8 de K
Nitrato de potasio (para potasio)	0.0044 de K y 0.36 de N ₂
Superfosfato (16% P ₂ O ₅)	0.268 de P y 3.8 de Ca
Fosfato monocálcico	0.118 de P y 0.6 Ca
Fosfato monopotásico	0.071 de P y 0.056 de K
Fosfato de amonio	0.16 de N ₂ y 0.072 de P
Sulfato de magnesio	0.172 de Mg
Sulfato de potasio	0.04 de K
Cloruro de potasio	0.033 de K
Sulfato de calcio	0.076 de Ca
Sulfato ferroso	0.089 de Fe
Sulfato de manganeso	0.065 de Mn
Acido bórico	0.09 de B
Sulfato de cobre;	0.063 de Cu
Sulfato de cinc	0.071 de Zn

NOTA: Para obtener la concentración en partes por millón, multiplique la fracción por las ppm requeridas. Ejemplo: Para obtener 300 ppm de nitrógeno en una mezcla ya sea con nitrato de sodio o sulfato de amonio, se requieren $0.103 \times 300 = 30.9$ onzas o bien si se usa sulfato de amonio se requieren $.076 \times 300 = 22.8$ onzas. En la tabla 1 viene la conversión de onzas a gramos, multiplique y obtendrá los gramos necesarios para esa concentración.

TABLA 22

RELACION ENTRE DEFICIENCIAS Y EXCESOS DE VARIOS ELEMENTOS

N	P	K	Ca	Mg	Fe	B	Mn	Cu	Zn	Pueden simular Síntomas de Exceso de
	d	d	e	e		d	d	d	d	Nitrógeno
d		d	e	e	d			d	d	Fósforo
d	d		d	d	e	d	d		d	Potasio
d	d	d		d	d	d	d	d	d	Calcio
	e	d	d							Magnesio
	d	d				d	d ⁺	d	e	Hierro
		d	d ⁺	d						Boro
			d	d	d ⁺					Manganeso
					d		d		d	Cobre
					d					Zinc
		d	d	d			d			Sodio
										Pueden simular Síntomas Deficiencia de
	e	e		d						Nitrógeno
			e	e						Fósforo
	e		e	e	d		e			Potasio
		e		e			e			Calcio
	d		e		d					Magnesio
	e						e			Hierro
e					e ⁺					Magnesio

NOTA: e = exceso, d = deficiencia, + indica el síntoma más esperado.

TABLA 23a

"DETERIOROS EN PLANTAS"

Nota: Los números entre parentesis se describen en la tabla 23b donde se señala el tipo de problema que ocasionan.

x = solo en casos extremos.
- = deficiencia, + = exceso.

PARTES AFECTADAS SIMULTANEAMENTE

- I Planta Completa: 1.- Crecimiento lento y enano (3)
2.- Marchitamiento temporal; suministro irregular de humedad (8).
3.- Sequedad, baja temperatura (11)
4.- Marchita, enfermedad en la raíz; exceso de aerosoles.
- II Raíz: 1.- Blanca - N₂x
2.- Café amarillenta: -K, -P, -Fe
3.- Mas pequeñas y endurecidas: +Cl, +Sx
- III Tallo: 1.- Delicado: +NH₄, + N₂x, -Px
2.- Entrenodos endurecidos: +Px, + Clx
3.- Mas pequeños: -Fex, -Zn
- IV Flor: 1.- Caída de las flores, alta temperatura (9)
- V Fruto: 1.- Agrietamiento del fruto; humedad irregular

VI Hojas:

- 2.- Hinchazón del fruto: (13)
- 1.- El retoño se afecta; -Px, -Ca, -Kx, + Mgx, -B, + Zn.
- 2.- Defoliación; baja temperatura (10); -B, + Cu.
- 3.- Enrollamiento de las hojas, enfermedad de la raíz, alta temperatura (2), viento (9), sequía (4), exceso de humedad (6), falta de agua (7), suministro irregular de humedad (8), baja temperatura (10); +N₂, -K, + Mg, -Cax, -B, -Zn.
- 4.- Hojas pequeñas: -K, + Mg, +Cl, -Zn.
- 5.- Rasgado y corte de la hoja; márgenes secos, ataque bacteriano, Salinidad (7), viento (4), -K, ± Mg, - Mn, -Ca, + B.
- 6.- Sitios coloreados o áreas con espacios secos y brillantes en hojas y frutos; alta temperatura (2), granizo, lluvia

(5); + Px, \pm Mg, -Mn.

7.- Marchitamiento de la hoja, daño mecánico (13), deficiencia de agua (7).

8.- Cambio de color en la hoja se divide en dos partes A y B. Se enumera a continuación:

Parte A:

a) Hoja clorótica; daño mecánico; enfermedades bacterianas; \pm S, + Cu, + Zn, + Mn.

b) Hojas de color azul verdoso o negro; baja temperatura (10), (11), - P, \pm Cl, + Mg, - Sx.

c) Color plateado; quemadura solar (1).

d) Color café brillante o café amarillento; daño por atomización, daño mecánico (13); -N₂, + NH₄, \pm Fe, \pm P, + Cu, \pm Zn, \pm Mn.

e) Color negro; baja temperatura (11).

f) Color violeta rosado; baja temperatura (10).

g) Color verde oscuro; falta de agua (7), salinidad (7).

h) Amarilleado de toda la hoja; exceso de humedad (6) ; - N₂, -Fe, + Ca.

Parte B:

a) Se desarrolla primero en hojas maduras:

1.- Sitios intervenales; + Ca, - Zn, - Mn.

2.- La hoja de la planta es aplastada; + N₂, + P, - K.

3.- Las hojas maduras se amarillean, las demás permanecen brillantes; + K.

4.- Las hojas maduras son brillantes las demás permanecen de color verde obscuro -P, + Mg.

b) Se desarrolla primero en las hojas jóvenes:

1.- Toda la planta es brillante, especialmente las hojas jóvenes; -N₂, -Fe.

2.- Las hojas son brillantes entre las venas; -Ca, + Zn, -Fe, - Mn.

3.- Se desarrolla primero en la base; -B.

4.- Se desarrolla primero en la punta de la hoja; -Ca, -Cu.

TABLA 23-B

DESORDENES FISIOLOGICOS DE LAS PLANTAS CAUSADOS POR FACTORES MECANICOS O CLIMATICOS

Causa Principal.	Causa Secundaria.	Parte de la Planta afectada.	Tipo de desorden.	Especies afectadas.	Síntomas similares a Defic. Exceso
1.- Insolación.	Después de podar las ramas hay deficiencia de hojas.	Solo la parte inferior de la hoja.	Platocada	Frecuentemente: tomate, melón, sandía, en ocasiones pimienta.	P
2.- Temperatura de Temporal.	Viento ligero, las hojas caen debido a enfermedades en la raíz y hojas, que pueden deberse a sequedad del suelo.	Hojas y frutos.	Las hojas se enrollan hacia arriba durante las horas calientes; aparecen sitios secos brillantes.	Frecuentemente tomate; en ocasiones melón, pimienta.	
3.- Deficiencia de luz.	Demasiada sombra; cerca de edificios.	Toda la planta.	Plantas suaves y enanas internodos largos.	Todas las plantas.	
4.- Viento, sequía.		Hojas.	1) el margen de la hoja es seco, se enrolla. 2) Corte y rasgado de la hoja 3) Apariencia general de daño.	Frecuentemente: tomate, cebolla, zanahoria. En ocasiones calabaza y berenjena.	P N K
5.- Granizo		Hoja, tallo y fruto.	Sitios brillantes en el tejido.	Frecuentemente en tomates, pepino, pimienta.	
6.- Exceso de humedad.	Aereación de la raíz inadecuada.	Hoja	Amarillamiento de las hojas. las más jóvenes seguidas de enroscamiento.	Todas las plantas.	
7.- Falta de agua.	Viento o agua salina.	Hoja	Color verde oscuro, marchitamiento, enroscamiento.	Todas las plantas.	
8.- Suministro irregular de humedad.	Lluvias fuertes frecuentes, riego irregular.		Marchitamiento temporal, frutas agrietadas.	Tomate.	
9.- Altas temperaturas.		Hojas y flores.	Enroscamiento de la hoja, caída de las flores del tomate.	Tomate.	
10.- Temperatura bajas, arriba de 0°C.		Hojas y Flor.	Color violeta rosado especialmente en las venas y enroscamiento de la hoja.	Tomate, pimienta rosado zanahoria y col.	N P K
11.- Temperatura baja menor de 0°C.		Hojas y toda la planta.	Secado de la planta, marchitamiento hojas negras y frutos.	Pepino, melón, tomate, pimienta, berenjena.	
12.- Temperatura excesivamente alta o baja.		Fruta.	Hinchazón en la fruta.	Tomate.	
13.- Daño mecánico.	Frotamiento de las hojas por el viento.	Hojas	Marchitamiento de las hojas de color café brillante.	Pepino, melón.	
14.- Material de aerosol, fertilización excesiva de la hoja.	Amonio, sulfato, aerosoles.	Hoja.	La hoja es de color café brillante y se quema.	Pepino, melón.	

TABLA 24

RELACIONES QUE SE RECOMIENDAN PARA LOS TRES ELEMENTOS MAYORES N₂, P, K,

	N ₂	P	K
Clima Europeo: 1.- Verano	1	0.2-0.3	1-1.5
2.- Invierno	1	0.3-0.5	2-4
Clima subtropicaly 1.- Verano	1	0.2	1
Mediterraneo 2.- Invierno	1	0.3	1.5-2
NOTA: Relaciones recomendadas para el clavel, rosa, tomate etc. en estado maduro.			
1.- Verano	1	0.2	1
2.- Invierno	2	0.3	2
NOTA: Relaciones recomendadas para la lechuga y otros vegetales de hojas.			

TABLA 25

SOLUCIONES NUTRIENTES OPTIMAS PARA SEMBRADIOS DEL PEPINO Y EL TOMATE REF. 1.

Reactivos	Solución 1 (Tomates)	Solución 2 (pepinos)
Nitrógeno	120 mg/l	120 mg/l
Pentóxido de fósforo	170 "	149 "
Oxido de potasio	198 "	198 "
Oxido de calcio	234 "	182 "
Oxido de magnesio	49.8 "	49.8 "

NOTA: Hay diferencias entre las concentraciones para plantas maduras y los sembradíos jóvenes. Si contienen cantidades moderadas de N₂ y K deben contener grandes cantidades de P y Ca: sin embargo el contenido total de sales no deben exceder de 1.4 a 1.8 g/l.

SOLUCION BASICA DE GERICKES REF. 20.

Un Kg se disuelve en 1000 litros de agua

<u>Componentes</u>	<u>Fórmula Química</u>	<u>Cantidad (g)</u>
Nitrato de potasio	KNO_3	542
Nitrato de calcio	$Ca(NO_3)_2$	96
Superfosfato	*	135
Superfosfato de magnesio	$MgSO_4$	135
Acido sulfúrico	H_2SO_4	73
Sulfato férrico	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot nH_2O$	14
Sulfato de manganeso	$MnSO_4$	2
Borax	$Na_2B_4O_7$	1.7
Sulfato de cinc	$ZnSO_4$	0.8
Sulfato de cobre	$CuSO_4$	0.6

* Es una mezcla de sulfato de calcio y fosfatos; más comunmente fosfato de calcio $(Ca(H_2PO_4)_2)$.

COMBINACIONES POSIBLES PARA LOS MACRONUTRIENTES.

NOTA: Las cantidades se ven excluidas; esta tabla contiene sólomente las variaciones posibles.

KH_2PO_4	K_2SO_4	KNO_3	K_2SO_4	KNO_3	KH_2PO_4
$Ca(NO_3)_2$	$Ca(NO_3)_2$	$Ca(H_2PO_4)_2$	$Ca(H_2PO_4)_2$	$CaSO_4$	$CaSO_4$
$MgSO_4$	$MgHPO_4$	$MgSO_4$	$Mg(NO_3)_2$	$MgHPO_4$	$Mg(NO_3)_2$

TABLA 27

SOLUCION NUTRIENTE DE TRUFFAUT Y HAMPE. LOS AUTORES CONSIDERAN QUE ES LA MEJOR.
SU COMPOSICION ES GRAMOS POR LITRO DE AGUA. REF. 13.

<u>MACRONUTRIENTES</u>	<u>MICRONUTRIENTES</u>
Nitrato de potasio KNO_3 0.568	Ioduro de potasio KI 0.00284
Nitrato de calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 0.71	Acido Bórico H_3BO_3 0.00056
Fosfato de amonio $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$ 0.142	Sulfato de cinc ZnSO_4 0.00056
Sulfato de magnesio MgSO_4 0.284	Sulfato de magnesio MnSO_4 0.00056
Cloruro Férrico FeCl_3 0.112	
TOTAL = 1.816	TOTAL = 0.00452

NOTA: La concentración de esta solución es el doble de la de Gericke.

SOLUCION NUTRIENTE REF. 22.

La concentración está dada en gramos por litro de agua.

<u>MACRONUTRIENTES</u>	<u>MICRONUTRIENTES</u>
Nitrato de potasio KNO_3 0.7	Acido bórico H_3BO_3 0.0006
Nitrato de calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 0.7	Sulfato de manganeso MnSO_4 0.0006
Superfosfato 20% P_2O_5 0.8	Sulfato de cinc ZnSO_4 0.0006
Sulfato de magnesio MgSO_4 0.28	Sulfato de cobre CuSO_4 0.0006
Sulfato férrico $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{NH}_2\text{O}$ 0.12	Molibdato de amonio $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0.0006
TOTAL = 2.28	TOTAL = 0.003

Aplicación Práctica

A continuación se procederá a diseñar una granja hidropónica para un terreno cuyas dimensiones son: 16 m de frente por 20 m de fondo.

El propósito de este capítulo es el de dar un ejemplo que pueda servir para aquella persona interesada en hacer una granja de tipo hidropónico; al hacerlo se toma en consideración la facilidad para adquirir el material que se vaya a emplear en dicha construcción.

ESPECIFICACIONES Y GENERALIDADES SOBRE EL EQUIPO
QUE SE REQUIERE

CAMAS

Se pueden hacer casi de cualquier cosa; excepto de fierro galvanizado, ya que el zinc que presenta puede ser tóxico. Si aún así se desea emplear, se recomienda cubrirlo con una película de asfalto.

Materiales:

Madera	Concreto, Concreto reforzado
Láminas de plástico	Asbesto
Cajas cubiertas con tiras de hule sintético o polietileno	Cemento asbesto (camas prefabricadas)
Suelo	Ladrillo y concreto

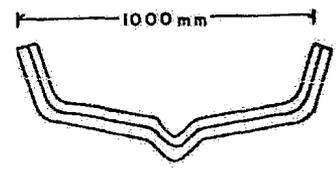
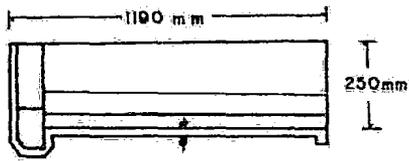
Dimensiones:

Profundidad: 20 cm a 25 cm.

Anchura: 80 cm a 120 cm.

Largo: 25 a 50 metros

Las camas no deben pasar de 1.20 metros de ancho, para que se tenga un fácil acceso a las plantas sin maltratarlas y se eviten las pérdidas de tiempo ocasionadas por esta



Canal de Drenado

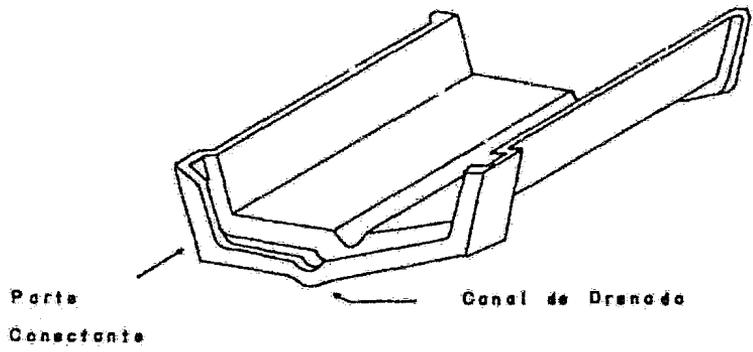


Fig. 6.1 Cama Hidroponica de Asbestos.

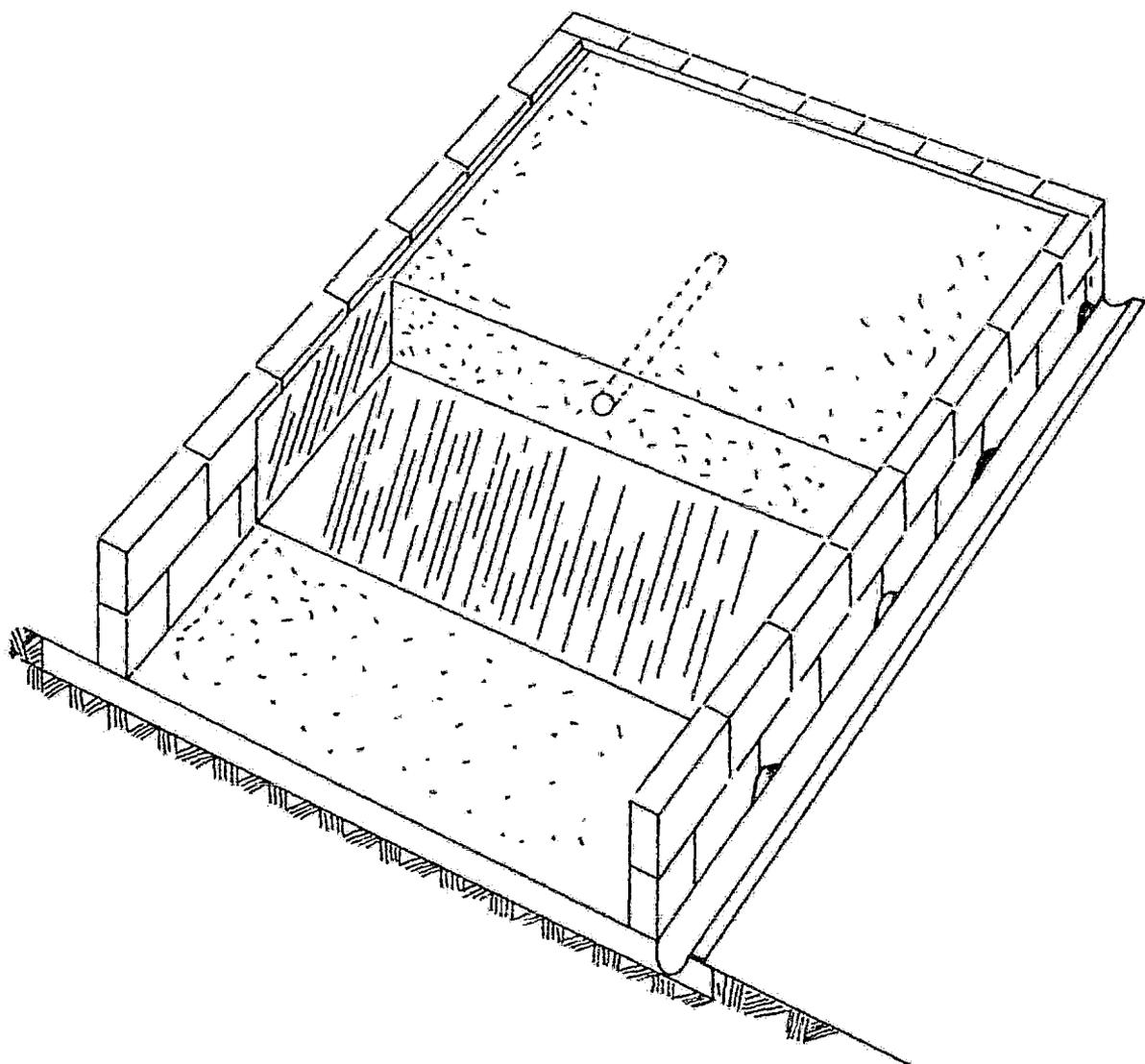


Fig. 6.2.— Cama hidropónica de tabiques .

dificultad.

Inclinación 1 a 2 cm por cada 15 m de longitud.

Recomendaciones:

Para la Ciudad se recomienda hacer las camas de la -
drillo y cemento. Las camas de metal son más fácilmente maneja
bles pero son más caras. Se recomienda recubrir estos recipien
tes con láminas de asbesto las cuales son durables fuertes y
se pueden cortar como madera. Otra de las ventajas de recubrir
las con este material es que evitan la absorción de luz solar-
la cual es excesiva en un metal.

En caso de utilizar madera, se recomienda darle tres
capas de pintura para que se proteja y no interactúe con la
solución nutriente.

Pasillos:

Entre cada cama debe haber un pasillo de fácil acce-
so a las plantas y al mismo tiempo con la anchura más pequeña
posible.

Anchura óptima: 40 cm a 50 cm.

TANQUE DE ALMACENAMIENTO:

Capacidad:

Debe tener un volúmen 20% mayor que la suma del vo-

lumen de todas las camas juntas, para asegurar que las camas se llenen hasta su debida profundidad.

Forma:

Los tanques esféricos son más económicos pero más difíciles de construir por lo que un tanque rectangular o cúbico será el indicado; sin embargo hay que cuidar que la forma de tanque que se escoja tenga un acceso fácil para hacer los análisis y controlar la solución nutritiva además de que sea fácil de limpiar.

Construcción:

El material que más se emplea es el concreto, aunque también se emplean tanques de cemento, asbesto, asfalto o metálicos. Siempre deberán protegerse con pintura asfáltica para aislarlos.

El fondo del tanque deberá tener una pendiente del 2% para facilitar el drenado y la limpieza ya que la tierra se colecciona en esta parte.

TUBERIAS Y ACCESORIOS.

Materia

Pueden ser de aluminio, plástico, fierro acero y de

asbesto cemento. Se debe evitar el fierro galvanizado o las tuberías de cobre, ya que éstas eliminan cobre y zinc los cuales se disuelven en la solución pudiendo llegar a concentraciones tóxicas.

BOMBAS

Las bombas que más se emplean son las centrífugas. Las aspas deberán ser de bronce o bien de plástico.

Capacidad:

En hidroponía se requiere que la capacidad de la bomba sea tal que llene las camas de solución nutriente en un lapso de tiempo de 10 a 15 minutos. Si el período de irrigación es mayor de 30 minutos traerá consecuencias: véase capítulo 2.

Su capacidad también se puede calcular de acuerdo al área de crecimiento. Para un área de crecimiento de 250 m² a 300 m² una bomba de 2 a 3 caballos será la adecuada.

La colocación de la bomba será junto al tanque de almacenamiento.

SOMBREADO

En las paredes de las camas se deben dejar agujeros de 1 cm de diámetro espaciados cada 60 cm para colocar en

ellos alambres o tuberías de soporte para colocar el sombreado adecuado.

Para las plantas trepadoras se recomienda colocar tuberías de 35 cm de largo sumergidas 15 cm dentro de la pared de la cama, 20 cm de tubería quedarán fuera de la pared con la finalidad de servir de unión para otras tuberías para que sirvan de soporte para la planta. La tubería que se recomienda es de 3/4 de pulgada (1.935 cm).

CALCULOS

a) Cálculo del número de camas para el terreno con las siguientes dimensiones: 16 x 20

Largo: 15 m

Ancho: $1.20 \text{ m} - (0.132 + 0.01)(2) = 1.20 - 0.284 = 0.916$

Ancho: 0.916 m

Profundidad: 0.20 m

Volúmen:

$$15 (0.916) (0.2) = 2.748 \text{ m}^3$$

$$\text{Volúmen de una cama} = 2.748 \text{ m}^3$$

$$\text{Volúmen de grava} = 15(0.916)(0.18) = 2.4732 \text{ m}^3$$

$$\text{Volúmen de agua} = 15(0.916)(0.17) = 2.3358 \text{ m}^3$$

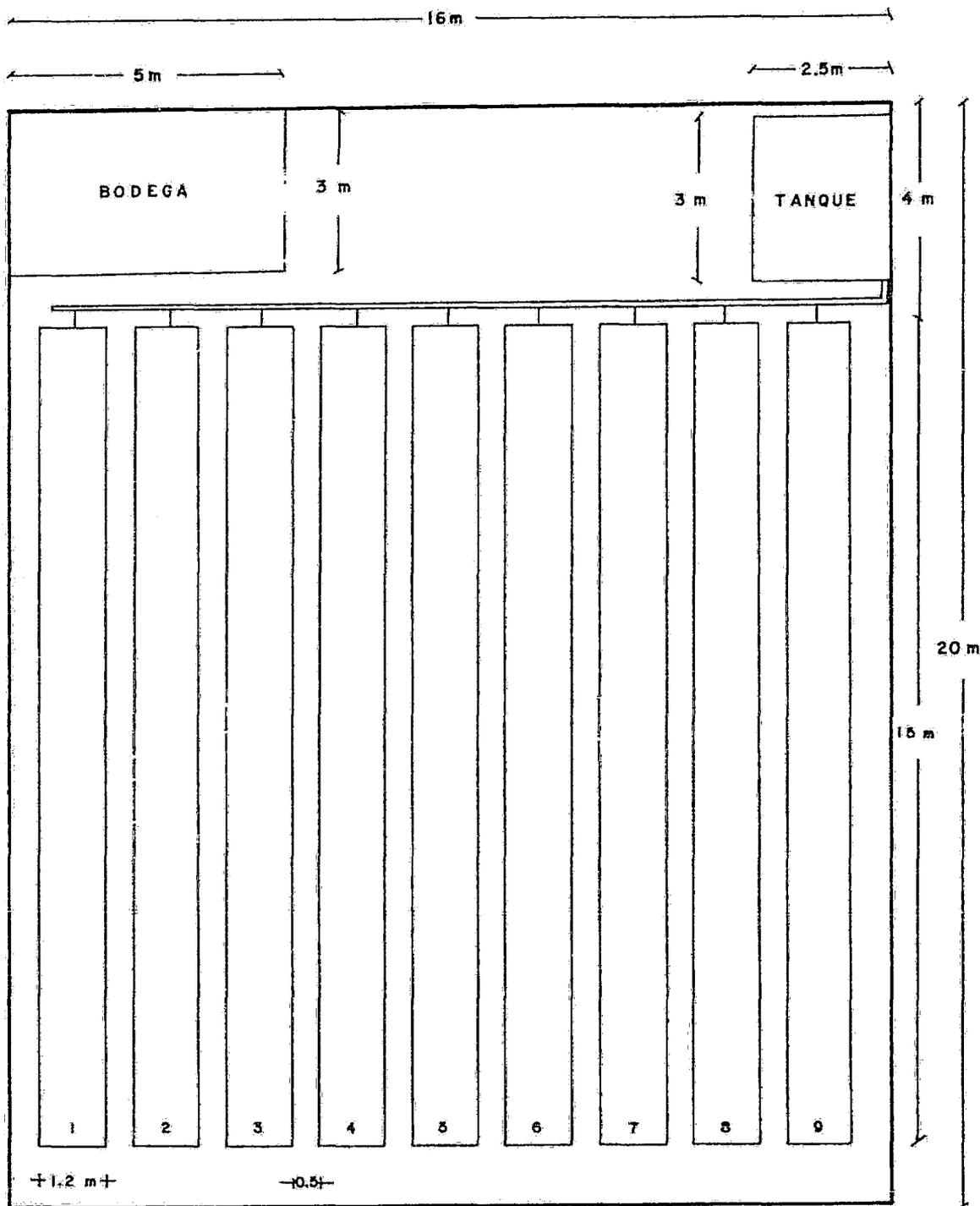


FIG. 6.3

Croquis de una granja hidropónica dimensiones del terreno
 16m X 20m escala 1:1

Volúmen total de agua = $2.3358 \text{ m}^3 (9) = 21.0222 \text{ m}^3$

Volúmen total de las camas = $2.748 (9) = 24.722 \text{ m}^3$

b) Cálculo del volúmen del tanque:

$$\frac{\text{Volúmen de camas}}{2} + 20\% \frac{(\text{Volúmen de camas})}{2} =$$

$$\frac{24.722}{2} + 0.2 \frac{(24.722)}{2} = 14.8392 \text{ m}^3$$

Volúmen del tanque para la solución nutriente = 15 m^3

Dimensiones:

Ancho: 3 m

Largo: 2.5 m

Profundidad: 2m

c) Cálculo de la potencia de la bomba:

Volúmen del tanque superior = 15 m^3

Cálculo de la potencia de la bomba:

$$- Wf = (Z_4 - Z_1) g/gc + \Sigma F$$

Según el bernoulli aplicado

a la Fig. 6.4

Volúmen del tanque: 15 m^3

Tiempo de llenado: 2 hrs.

Descarga de la bomba:

$$15/2(60) = 0.125 \text{ m}^3/\text{min.}$$

gasto volumétrico:

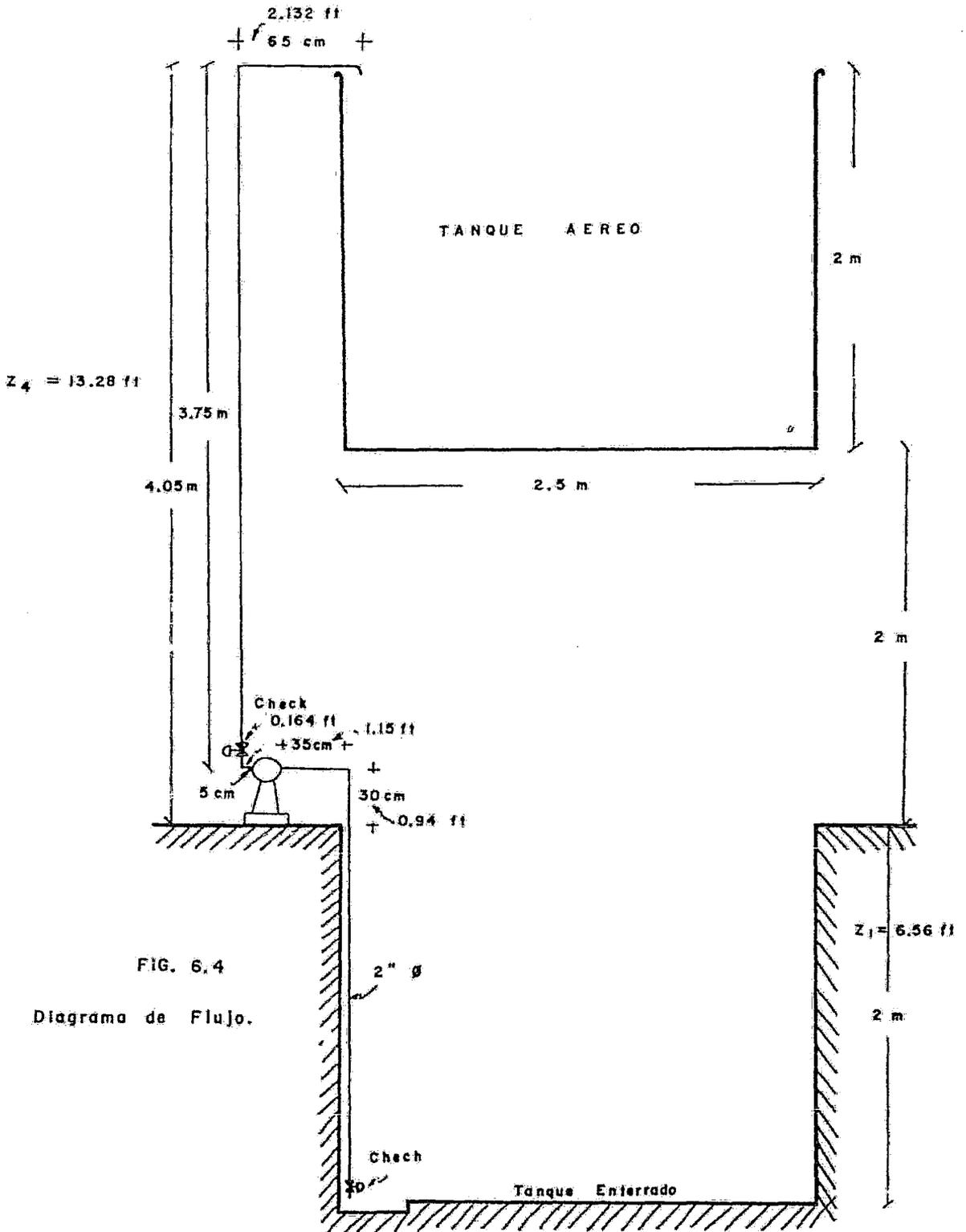


FIG. 6.4

Diagrama de Flujo.

$$\frac{0.125 \text{ m}^3}{\text{min}} \cdot \frac{1000 \text{ dm}^3}{1 \text{ m}^3} \cdot \frac{1 \text{ lt.}}{1 \text{ dm}^3} \cdot \frac{1 \text{ gal}}{3.785 \text{ lt.}} = 33.02 \text{ gal/min}$$

gasto volumétrico = 33.02 gal/min.

DATOS:

Temperatura: 20'C = 68'F

Viscosidad: = 0.95 cp a 20'C (La viscosidad se puede considerar como la del agua).

Densidad: = 62.3 lb/ft³ a 20'C (También puede considerar como la del agua).

Un centipoise = 6.72 x 10⁻⁴ lb/ft seg.

1 ft = 0.3048 m

1 m = 3.28 ft

g = 32.2 ft/seg²

gc = 32.2 lb ft/seg² lb

gasto másico:

$$\frac{33.02 \text{ gal}}{\text{min}} \cdot \frac{1 \text{ ft}^3}{7.481 \text{ gal.}} \cdot \frac{62.3 \text{ lb}}{\text{ft}^3} = 274.98 \text{ lb/min}$$

w = 274.98 lb/min

Wf = potencia de la bomba

Según la fig. 6.4

$$- Wf = (Z_4 - (-Z_1)) \frac{g}{gc} + \sum F \quad \text{Ecuación 1}$$

Cálculo de la suma de fricciones:

$$\sum F = \frac{f v^2 \sum L_t}{2 g c D}$$

Ecuación 2

$$L_{tr} = \text{longitud de tramo recto} = 6.56 + 13.284 + 1.15 + 0.164 + 2.132 = 23.290 \text{ ft}$$

$$L_{tr} = 23.290 \text{ ft}$$

Le = Longitud equivalente:

	L/D	D = 2 "	L(ft)	L(total) ft
Dos válvulas check	50	2/12	8.33	2(8.33) = 16.66
Cuatro codos de 90	30	2/12	5	4(5) = 20

$$Le = 16.66 + 20 = 36.66$$

$$Le = 36.66 \text{ ft}$$

$$L_t = \text{Longitud total} = L_e + L_{tr}$$

$$L \text{ total} = 23.290 + 36.66 = 59.950 = 60 \text{ ft}$$

$$L_t = 60 \text{ ft}$$

V = velocidad dentro de un tubo de 2" = 3.35 ft/seg (Datos del Crane). Ref. 7.

$$v = 3.35 \text{ ft/seg}$$

$$D = 2" \text{ nominal; } D \text{ interno} = 2.067 \text{ in}$$

$$D = 2.067 \text{ in}$$

Cálculo de f

$$Re = \frac{D v \rho}{\mu} = \frac{(2.067/12) \text{ ft} (3.35) \text{ ft seg}^{-1} (62.3) \text{ lb ft}^{-3}}{0.95 \text{ cp} (6.72 \times 10^{-4}) \text{ lb ft}^{-1} \text{ seg}^{-1} \text{ cp}^{-1}} =$$

$$Re = 5.63117734 \times 10^4 = 56,311$$

E/D para hierro asfaltado = 0.0024 (del Crane)

Con el Reynolds = 56,311 y E/D = 0.0024 se obtiene:

f = 0.0275 (Dato del Crane)

Sustituyendo en la ecuación 2

$$\sum F = \frac{0.0275 (3.35)^2 \text{ ft}^2 \text{ seg}^{-2} (60) \text{ ft}}{2(32.2) \text{ lb ft seg}^{-2} \text{ lb}^{-1} (2.067/12) \text{ ft}} =$$

$$\sum F = 1.6693 \vec{\text{lb}} \text{ ft/lb}$$

Sustituyendo en la ecuación (1)

$$Wf = (13.28 + 6.56) \text{ g/gc} - 1.6693 \vec{\text{lb}} \text{ ft} / \text{lb} =$$

$$\underline{Wf = 21.5093 \vec{\text{lb}} \text{ ft} / \text{lb}}$$

Cálculo de la potencia ideal

$$P_i = Wf \cdot w$$

$$P_i = 21.5093 \vec{\text{lb}} \text{ ft} / \text{lb} (274.98 \text{ lb/min. } 1 \text{ min}/60 \text{ seg}) =$$

$$P_i = 98.578 \vec{\text{lb}} \text{ ft} / \text{lb}$$

Cálculo de la potencia real

$$\text{eficiencia} = 75 \%$$

$$Pr = \frac{98.578}{0.75} = 131.438 \overrightarrow{\text{lb}} \text{ ft/seg}$$

$$Pr = 131.438 \overrightarrow{\text{lb}} \text{ ft/seg} \frac{(1 \text{ HP})}{550 \overrightarrow{\text{lb}} \text{ ft/seg}} = 0.239 \text{ HP}$$

$$Pr = 1/4 \text{ HP}$$

Cálculo del NPSH de la bomba

$$NPSH_d = \left(\frac{P_1}{\rho} + Z_1 \frac{g}{g_c} - \Sigma F \right) - \frac{P_v}{\rho} \quad \text{ecuación 3}$$

$$P_1 = 1 \text{ atm} = 14.7 \overrightarrow{\text{lb}}/\text{in}^2$$

$$Z_1 \frac{g}{g_c} = (6.56 + 0.984) = 7.544 \overrightarrow{\text{lb}} \text{ ft/lb}$$

Cálculo de la suma de fricciones:

	L/D	D=2"	L ft
1 check	50	2/12	8.33

1 codo	30	2/12	5
--------	----	------	---

$$L_e = 8.33 + 5 = 13.33$$

$$L_{tr} = 6.56 + 0.984 + 1.15 = 8.694$$

$$L_t = L_e + L_{tr} = 13.33 + 8.694 = 22.024 \text{ ft}$$

$$L_t = 22.024 \text{ ft}$$

$$v = 3.35 \text{ ft/seg}$$

$$g_c = 32.2 \text{ lb ft/seg}^2 \overrightarrow{\text{lb}}$$

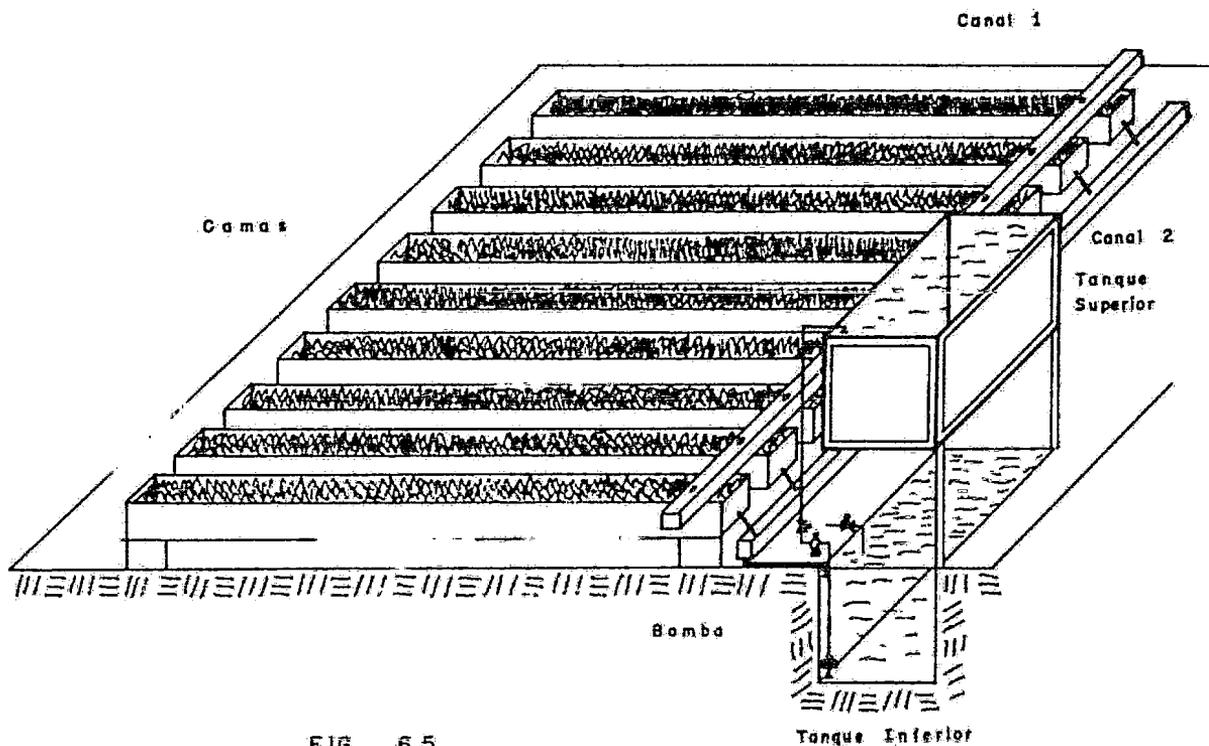


FIG. 6.5

Vista seccional del tanque inferior y superior y distribución de la solución nutritiva.

Llenado del canal 1 y vaciado del canal 2.

$$D = \frac{2.067}{12} = 0.17225 \text{ ft}$$

$E/D = 0,0024$ para hierro asfaltado

$$Re = 56,311$$

$$f = 0.0275$$

$$\Sigma F = \frac{(0.0275) (3.35)^2 \text{ft}^2 \text{seg}^{-2} (22.024) \text{ft}}{2(32.2) \text{lb ft seg}^{-2} \vec{\text{lb}}^{-1} (0.17225) \text{ft}}$$

$$\Sigma F = 0.612744 \vec{\text{lb}} \text{ ft/lb}$$

$$NPSH_d = \frac{(14.7 \vec{\text{lb}} \text{ ft}^3 (144) \text{ in}^2)}{62.3 \text{ in}^2 \text{lb}} + (-7.544 \vec{\text{lb}} \text{ ft/lb}) -$$

$$(0.612744 \vec{\text{lb}} \text{ ft/lb}) = 25.057 \vec{\text{lb}} \text{ ft/lb}$$

$$NPSH_d = 25.057 \vec{\text{lb}} \text{ ft/lb}$$

Conclusiones

Siendo uno de los problemas mas grandes del mundo la necesidad de subsistir, he considerado que debe existir una manera razonable que pueda en un momento dado resolver los problemas ocasionados por el hambre. Cada autor presenta diferentes alternativas según su punto de vista. La alternativa que aquí se presenta es buena, porque parte de algo que ya no es útil y lo convierte en productivo. La hidroponía puede implantarse en terrenos agotados con resultados muy satisfactorios. Sus posibilidades son muchas, desde variar la composición de la

solución nutritiva de acuerdo al clima de cada país, hasta el establecimiento de granjas en lugares inhóspitos. Esto último es ya una realidad. Actualmente existen países que trabajan sobre esta cuestión, como ejemplo de ello se encuentra el país de Arabia, en donde se utilizan sistemas hidropónicos con riego por goteo para producir jitomate de muy buena calidad. En E.U. la Cía. Aérea Pan American Airways estableció una granja hidropónica en una isla solitaria a la mitad del oceano, con el objeto de producir vegetales frescos para la gente que allí llegaba. Por otro lado, Nueva York E.U. está empleando invernaderos hidropónicos aéreos (fig. 7.1), ya que estos resuelven uno de sus problemas principales, la falta de espacio. Estos no son los únicos casos; existen otros países que aprovechan sus suelos desérticos para su cultivo... México cuenta también con grandes Regiones desérticas (Fig. 7.2 y Fig. 7.3). Entre las más importantes se encuentra el Desierto de Altar en la Península de Baja California. La Región de Mapimí localizada entre Durango, Chihuahua y Coahuila y el Desierto de Sonora. Debido a las condiciones climatológicas de estos lugares, éstos no pueden ser aprovechados para la agricultura, según el sistema tradicional, siendo la única solución la hidroponía.

En general la hidroponía se puede considerar un buen método, siempre y cuando se le proporcionen los cuidados que necesita. En la actualidad el sistema tradicional es el encargado de suplir todas las necesidades alimenticias, pero para el futu-

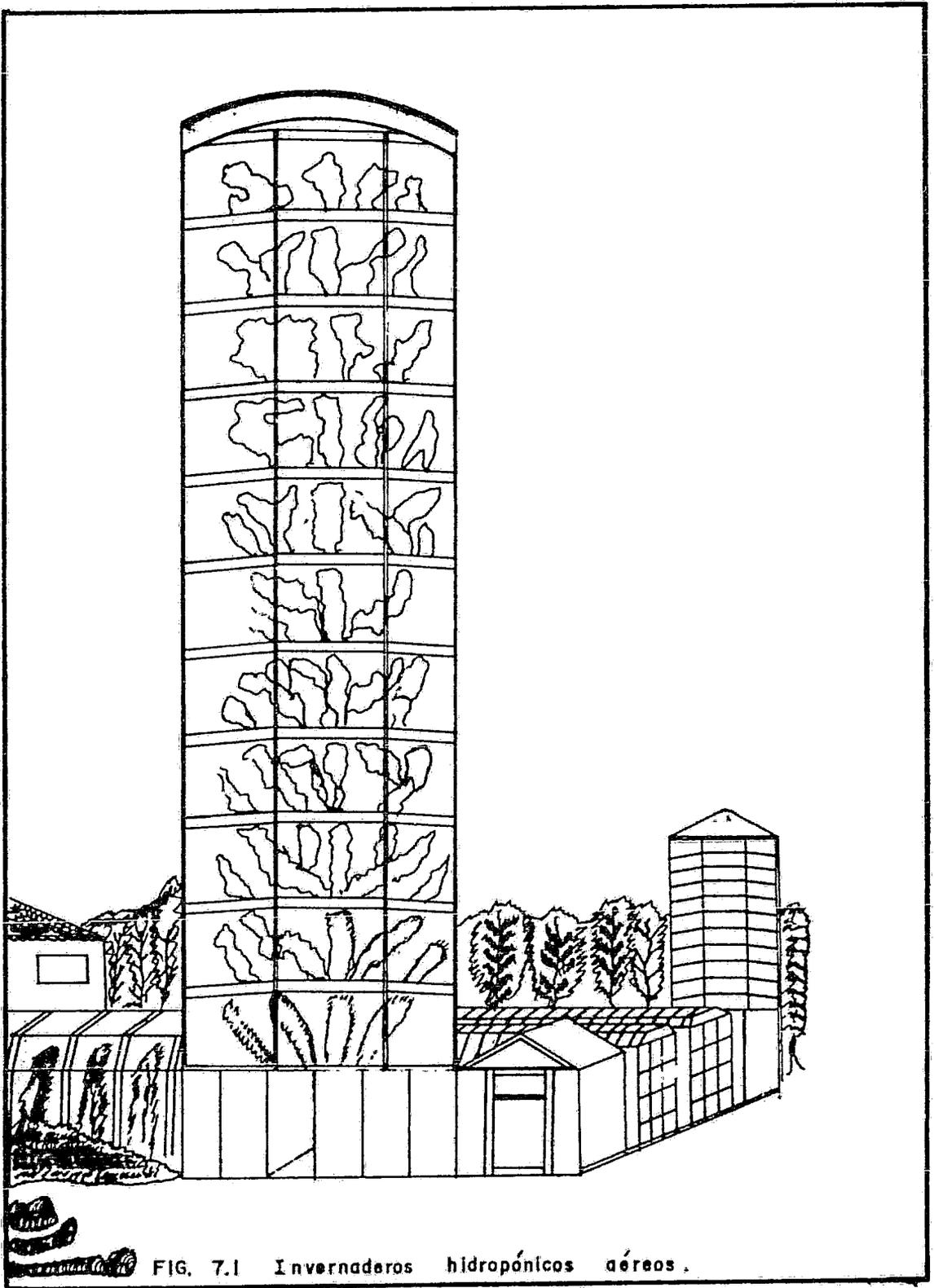


FIG. 7.1 Invernaderos hidropónicos aéreos.

FIG. 7.2
CLIMAS DE LA REPUBLICA
MEXICANA



- 1.—Caliente desértico. (BWh).
- 2.—Frio desértico. (BWk).
- 3.—Caliente o templado estepario (BSh).
- 4.—Frio estepario (BSk).
- 5.—Caliente con lluvias todo el año (Af).
- 6.—Caliente con lluvias en verano y parte del otoño. (Aw).
- 7.—Templado con lluvias todo el año (Cf).
- 8.—Templado con lluvias en verano y parte del otoño. (Cw).

9.—Templado con lluvias en invierno. (Cs).

● CAPITALES DE LAS ENTIDADES FEDERATIVAS.

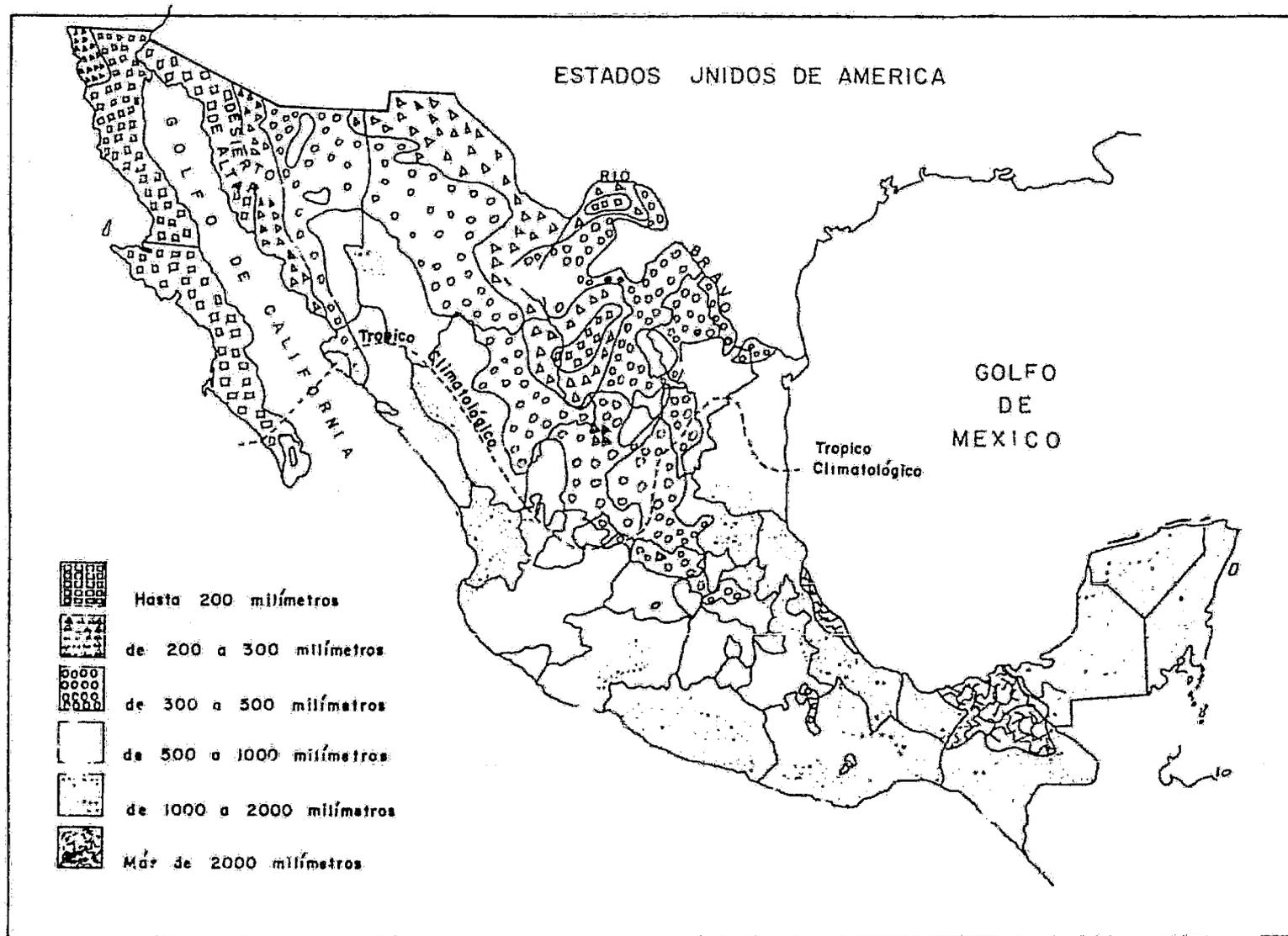


FIG. 7.3 Precipitación Pluvial en la República Mexicana.

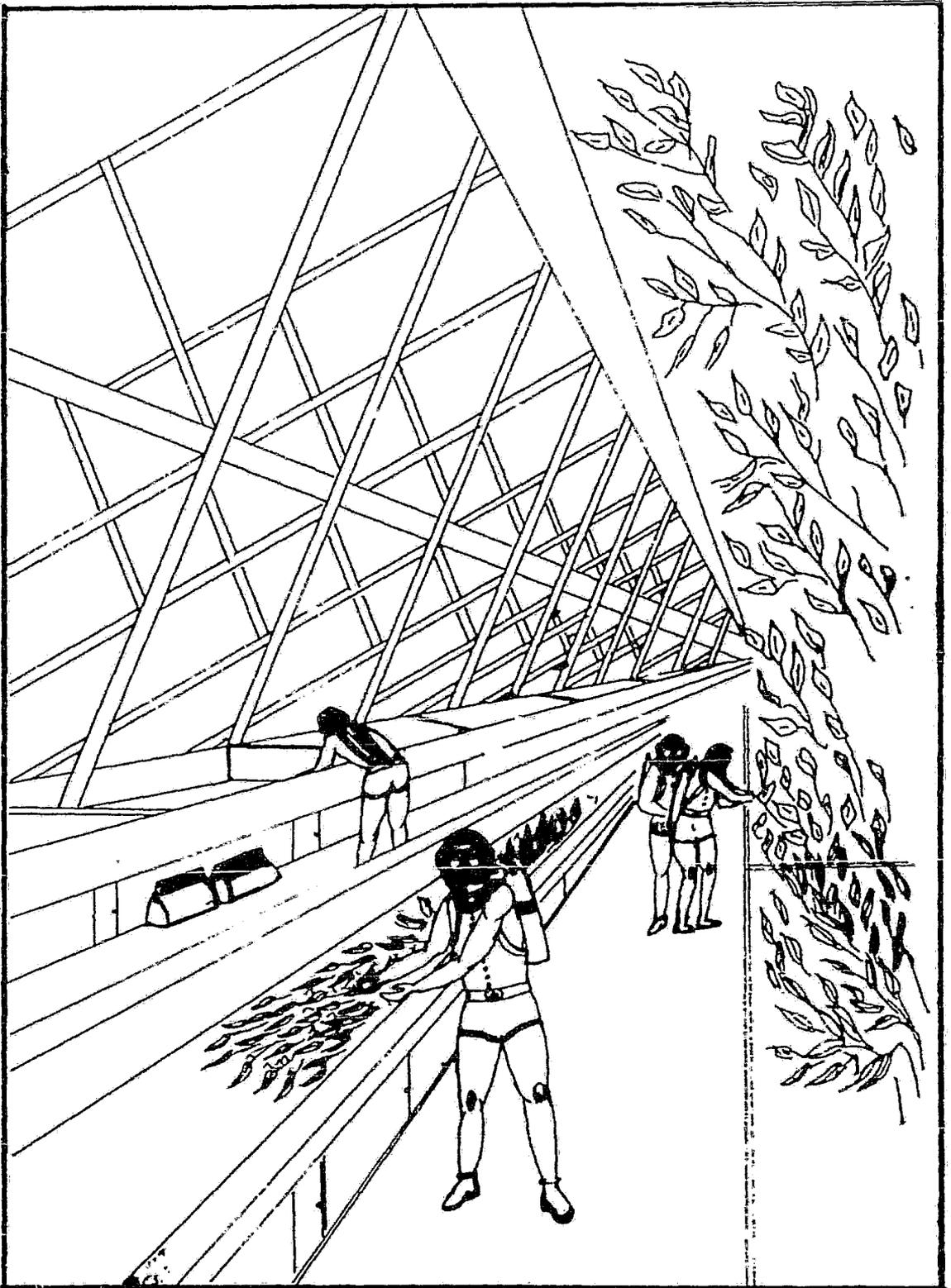


FIG. 7.4 Invernadero hidropónico espacial.

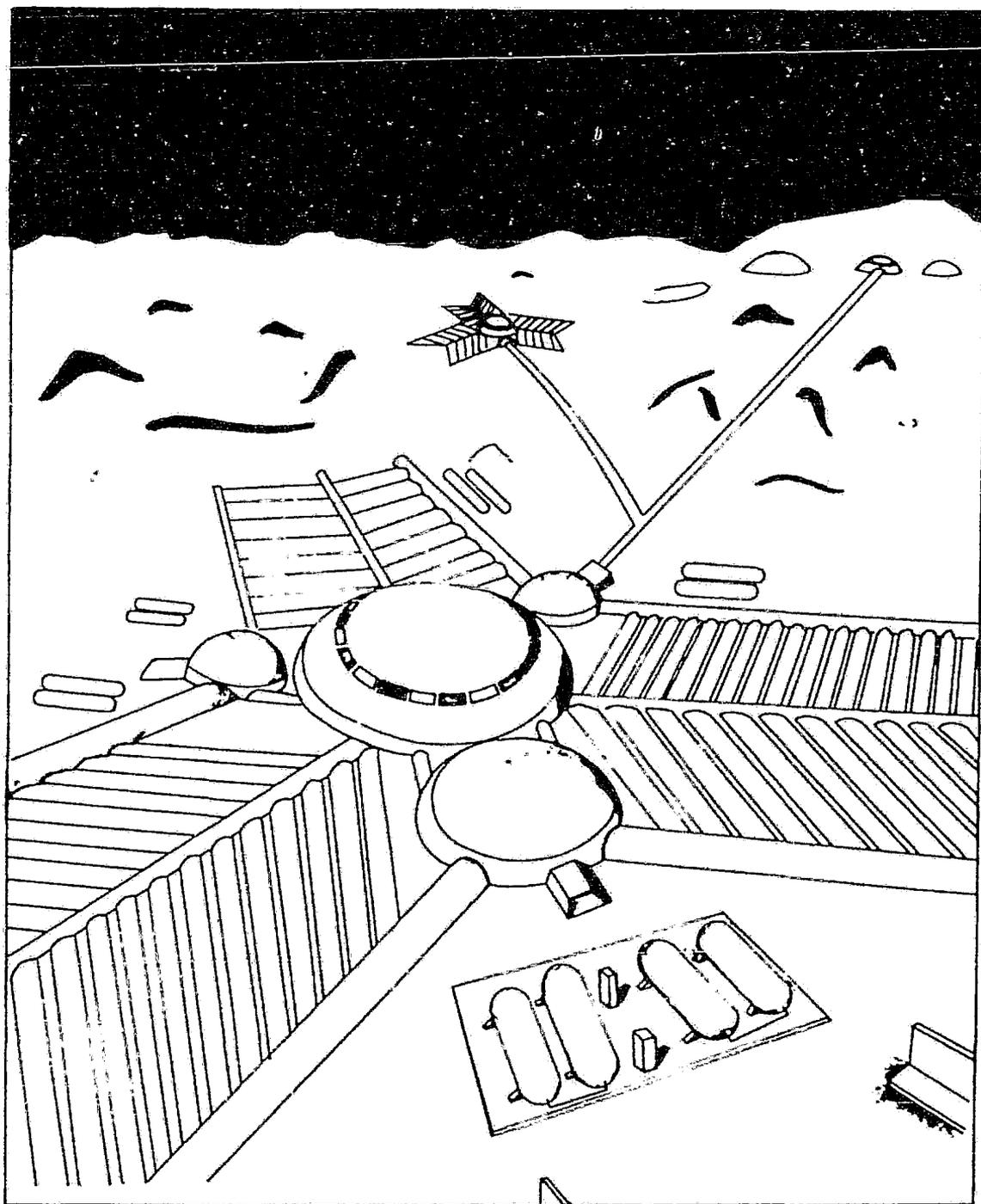


FIG. 7.5 Estación Hidropónica Lunar .

ro, existen grandes oportunidades para la hidroponía, ya que para entonces habrá un mayor número de habitantes y menos suelos cultivables. Es probable para entonces el establecimiento de granjas hidropónicas a gran escala, sin que estas sean las últimas aspiraciones de la hidroponía. En la fig. 7.4 se muestra un jardín hidropónico espacial y en la fig. 7.5 se encuentra el diseño de una estación hidropónica lunar proyectada con el propósito de producir vegetales frescos para los futuros moradores. Como se podrá observar la hidroponía no se limita únicamente a la tierra.

La desventaja mas grande de la hidroponía radica en el hecho de que las inversiones iniciales son muy elevadas; sin embargo una vez establecida la granja hidropónica, el capital se recupera rápidamente, ya que se obtienen buenos rendimientos y una muy buena calidad.

La hidroponía proyectada a nivel familiar es sumamente barata y puede implantarse en todos los hogares, además resulta muy útil y práctica porque dá cierta independencia económica a las familias y aprovecha cualquier espacio disponible. El techo de una casa puede emplearse favorablemente para la producción de alimentos según sean las necesidades de cada familia.

Bibliografia

BIBLIOGRAFIA

RELACION DE LIBROS CONSULTADOS PARA LA ELABORACION DEL PRESENTE TEMA.

- 1.- Aliev A. (Pushcha-Voditsa). Nutrient Solution for Cucumber and Tomato Seedling. Agrochem. Lab. Kiev USSR. Sisió. Rast 17(1):182-8 [1970].
- 2.- Andrade Victoria, García Natalia. Geografía 2 (Mapas).
- 3.- Ayres. Análisis Químico Cuantitativo. p. 150-153; p. 267-350; p. 359-361; p. 365-370; p. 645-648 [1973].
- 4.- Beltrán Enrique, Rioja Enrique, Alvarez José. Biología. Décima Edición, p. 172-203 [1965].
- 5.- Bridwell Raymond. Hydroponic Gardening. (Datos obtenidos de todos sus capítulos) [1974].
- 6.- Cedillo Ortíz Ignacio y Enríquez Castañeda Sara. El Hombre y su Ambiente; (Mapas). (Libro).
- 7.- Crane. Tablas A23; A24; A30; A31; B14; B16; B17.
- 8.- Denaro A.R. Elementary Electrochemistry. p. 88 a 137, p. 48-87.
- 9.- Devlin M. Robert. Fisiología Vegetal. p. 304-318.

- 10.- Ellis Carleton and Swaney M.W. Soilless Growth of Plants. Cap. 12, p. 212-219; p. 237-265. Cap. 10, p. 213-219.
- 11.- Foust. Principles of Unit Operations. Cap. 20, p. 391-420; p. 421-436 [1960].
- 12.- Guminska Zoffa. The Hydroponic Cultute of Plants. p. 26-38.
- 13.- Huterwall G.O. Hidroponia. (Datos obtenidos de todos sus capítulos [1960].
- 14.- Obregón A. Métodos de Análisis Químico de Rocas y Materiales Similares. p. 19; p. 28-35; p. 39-42; p. 47; p. 54; p. 65-69 [1977].
- 15.- Rase F. Howard. Diseño de Tuberias para Plantas de Proceso. (Tablas).
- 16.- Revista Geografía Universal, Vol. 1 No. 6, Junio de 1976.
- 17.- Reynolds. Principles of Analytical Chemistry. (Datos obtenidos de todo el libro.
- 18.- Schwarts M. Guide to Commercial Hydroponics. (Datos obtenidos de todos sus capítulos). Biblioteca de Chapingo.
- 19.- Schaums. Química General. p. 103-114; p. 114-120; p. 187-196 [1969].

- 20.- Shelto Douglas. Hydroponics. (Datos obtenidos de todos sus capítulos).
- 21.- Smallwood L. William, Green R. Edna. Biología. (Datos sobre fotosíntesis).
- 22.- Smith H. Sand and Water Culture Methods used in the Study of Plant Nutrition. p. 112-113; p. 204-206; p. 217-223, p. 452-455; p. 155.
- 23.- Steiner A. Abraham. A Universal Method for Preparing Nutrient Solutions of a Certain Desired Composition, No. 82, p. 134-154.
- 24.- Third Symposium on Peat in Horticulture 1971. Celebrado en Dublin, Junio 28; p. 23-27; p. 47-51; p. 147-149; p. 219-221.
- 25.- Turner I. Wayne & Henry M. Victor. Growing Plants in Nutrient Solutions. p. 87-105.
- 26.- Vick W. Analytical Chemical Separations. Datos obtenidos de todo el libro.