

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Química

"EXPERIMENTACION SOBRE EL CULTIVO
COMERCIAL DE LYCOPERSICUM ESCULENTUM
(TOMATE) Y CAPSICUM FRUTESCENS (CHILE),
EN SOLUCIONES NUTRITIVAS (HIDROPONIA) "

272

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO QUIMICO

P r e s e n t a n

HELADIO PEÑA ALONSO

JALIL SAAB HASANILLE

México, D. F.

1974



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.

CLAS. 7 F.S.L.S. 1974
ABO M.T.
FECHA 260
PREC. _____

act. 254



QUIMICA

A NUESTROS PADRES

PRESIDENTE PROF: JULIO TERAN ZAVALETA
VOCAL PROF: ANTONIO REYES CHUMACERO
SECRETARIO PROF: FERNANDO ITURBE HERMANN
1o. SUPLENTE PROF: ROLANDO A. BARRON RUIZ
2o. SUPLENTE PROF: MARGARITA GONZALEZ TERAN

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: MEXICO, D.F. Y PUTLA,
OAX.

NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DE LOS SUSTENTANTES:



HELADIO PEÑA ALONSO



JALIL SAAB HASANILLE

NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL ASESOR DEL TEMA:



JULIO TERAN ZAVALETA

I N D I C E

	Pág. No.
I) INTRODUCCION	1
II) HISTORIA	3
III) GENERALIDADES	5
IV) SOLUCIONES Y ANALISIS	13
a) SOLUCIONES NUTRITIVAS	
b) ANALISIS	
V) INSTALACIONES, ALIMENTACION Y MANTENIMIENTO ..	67
VI) EVALUACION ECONOMICA	74
a) COSTOS DE INSTALACION	
b) COSTOS DE ALIMENTACION	
c) COSTOS DE PRODUCCION	
d) CALCULO DE LA BOMBA	
VII) EFECTO DEL ACIDO GIBERELICO	90
VIII) CONCLUSIONES	94
IX) BIBLIOGRAFIA	96

I.- INTRODUCCION

El principal motivo que nos mueve a la realización de esta tesis profesional, puede ser ilustrada con los siguientes datos:

En 1965 el Director de la Organización de Alimentos y Agricultura (FAO) de la ONU, Dr. B.R. Sen, se dirigió por escrito a los ministros de agricultura de todo el mundo, en los siguientes términos: "las perspectivas son alarmantes. No puede descartarse la posibilidad de que en algunas zonas mas densamente pobladas sobrevenga el hambre dentro de los 5 o 10 años proximos".

Todos los dias mueren de hambre unas 15000 personas y para satisfacer las necesidades alimenticias de la población es necesario un crecimiento agrícola de 4% anual, Esto es el doble del promedio al que ha aumentado la producción alimenticia en los pasados 50 años, en los afortunados Estados Unidos.

Thomas Malthus en 1798 en su "Ensayo sobre el principio por lo que afecta al mejoramiento futuro de la sociedad", dice que la reproducción del hombre sigue una progresión geométrica (2,4,8,-16) mientras que la producción de alimentos la sigue aritméticamente (2,4,6,8).

La raza humana se duplicó a principios de nuestra era al año de 1600, de 250 a 500 millones, y se duplicó de nuevo a 1000 millones para 1850. Solo se necesitaron 70 años para que se duplicara otra vez, hacia 1920. En la actualidad, 50 años después, se acerca a los 4000 millones y esta creciendo mas rapidamente que nunca. Ahora su indice de crecimiento es de 2.2% anual, durante el primer milenio de nuestra era, el aumento fué del 2.2% cada siglo. En México el aumento demográfico es de 3.5%, el mas gran

de del mundo junto con Argelia, Marruecos y Venezuela.

En 1965, la disponibilidad de alimentos por persona en el mundo hambriento, descendió mas del 2%. En 1966, en los Países menos desarrollados la producción aumento en conjunto solo un 1%. En Africa y Latinoamerica hubo una disminución neta.

El tercer Estudio sobre la Alimentación Mundial, dirigido por la FAO, en 1963, indicó que el 60% de la población tenia dietas de calidad nutritiva inadecuada y el 20% estaba subalimentada.

Solo 1300 millones de hectáreas son realmente cultivables en la tierra ó sea el 10% de la superficie del planeta y se asegura que esta tierra cultivable ha disminuido tres millones de kilometros-cuadrados desde principios de siglo. Esto representa el 24% de la superficie de labranza.

Por desgracia esto no es todo, ya que del 20 al 30% de todo el alimento que el hombre produce para su consumo, es devorado por diversas plagas.

Impresionados por las anteriores estadísticas, creemos que el cultivo en soluciones alimenticias puede ser una ayuda eficaz para proveer de proteínas a una población cada vez mas desnutrida.

II.- HISTORIA

El primer experimento realizado sobre cultivo sin tierra, fué en 1699 por Woodward, utilizando diferentes tipos de agua -- (Lluvia, río, canales), siendo su conclusión que "La tierra - y no el agua, es el material que construye los vegetales".

A mediados del siglo XIX, se habian acumulado fundamentales - conocimientos sobre fisiología vegetal y así en 1840 gracias - al bioquímico Justus Von Liebig, se inició la aplicación de - la química organica a la agricultura. Siendo el francés Jean Boussignault, en ese mismo año, quien hizo crecer plantas en - tierra insoluble (arena, cuarzo, carbonilla, etc), impregna - das con soluciones acuosas de formulas químicas conocidas.

Sus resultados dieron la verificación experimental de la teo - ría mineral de la nutrición de las plantas previsto por Von - Liebig. El metodo anterior fué mejorado por Salm Horstmar - (1836-1860) y utilizado desde entonces con mejores tecnicas - por numerosos científicos en el mundo tales como Sachs, quien en 1860 duplicó resultados de sus experimentos los cuales ha - bían producido inclusive semillas capaces de germinar. Su - técnica en lo esencial es la adoptada en el presente.

Knop comenzó los experimentos de cultivo en agua al mismo -- tiempo que Sachs y propuso en 1855 una formula de solución - nutritiva, que resultó ser una de mas aplicadas para el estu - dio hidropónico. Otras formulas fueron propuestas por Tollens en 1882, Schimper en 1890, por Tottingham en 1914, Hoagland - en 1920, y muchos otros botánicos.

La adaptación comercial del metodo hidróponico, se debio a necesidades circunstanciales impuestas por el medio geográfico en que se desarrolló la guerra del Pacífico, durante la ultima Gran Guerra en la cual la urgencia de alimentos para oficiales y soldados en zonas áridas y en islas en las cuales operaban bases militares. La primera instalación se realizó en la isla Ascención, con resultados positivos y de ahí su aplicación a otros lugares donde inclusive el clima era muy diferente. Goose Bay, Labrador, etc., donde el gobierno Canadiense pudo avituallar con legumbres y frutos a las tropas estacionadas en el Gran Norte.

Otras instalaciones funcionaron en: La isla Wake, en Iwoshima, -- Guinea Britanica, en Nankin (China).

Para 1953 las instalaciones mas importantes fueron las de Japón.

Existen instalaciones en Puerto Rico, Francia, Italia, India, Israel, Estados Unidos, Irlanda, etc.

III.- GENERALIDADES

El principio fundamental en que se basa la Hidróponia ó Quimicultura, es el aportar a la planta directamente los nutrientes que obtiene de la tierra, en forma de soluciones acuosas de sales que contengan los elementos necesarios para su construcción y metabolismo.

Estos elementos, por su importancia fisiológica, se dividen en elementos principales y oligoelementos. Los primeros son: Nitrógeno, Potasio, Calcio, Azufre, Magnesio, Fósforo, Carbono, Oxígeno e Hidrógeno. Los tres últimos serán aportados principalmente por la atmósfera y el agua. El Carbono será absorbido del aire en forma de anhídrido carbónico.

El resto de los elementos mencionados serán aportados en forma de sales químicas tales como: Nitratos, Sulfatos y Fosfatos del catión adecuado. Los Oligoelementos son: Manganeso, Zinc, Hierro, Boro, Cobre y otros de menor importancia, que generalmente se encontrarán como impurezas de las sales químicamente puras.

El método de cultivo con soluciones nutritivas requiere de una caja ó depósito impermeabilizado que contendrá el medio de sustentación de las plantas, que debe ser de cualquier tipo de arena totalmente insoluble en agua, con el fin de que no contamine con impurezas la solución alimenticia.

Cualquier arena ó grava que cumpla con el requisito antes mencionado puede ser aprovechada, y así se utilizó arena de Tezontle, de río, mar, mina etc., según el cultivo a desarrollar se escogerá el tamaño del grano de la arena.

Este método fué primordialmente diseñado para zonas desérticas, ya que permite un mejor aprovechamiento del agua y un ahorro eficaz - de la misma, para lo cual la instalación apropiada será aquella - permita recuperar la solución que no haya sido consumida por las - plantas. Esta instalación deberá de consistir en camas de dimen - siones variables perfectamente impermeables y con un pequeño decli - ve, con el fin de que fluya la solución a lo largo de la misma; se - rá necesario además, un tanque ó cisterna recolectora, una bomba y tuberías.

La mecánica a seguir, será el irrigar a las camas con la solución - alimentadora, recuperar el agua remanente en el tanque recolector, proceder a hacer un análisis cuantitativo de la solución y deter - minar el consumo de sales hecha por la planta y añadir lo consumi - do para mantener la concentración apropiada. Esto significa tanto el ahorro absoluto de la nutrición como el ahorro de agua y sales.

El cultivo en soluciones nutritivas tiene los mismos problemas que el cultivo ordinario. Empezando con la germinación, esta se puede realizar por medio de almácigos ó bién directamente sobre las ca - mas hidrópicas (tal y como procedimos en nuestra experimentación) también es posible el cultivo con plantas que se reproducen por me - dio de esquejes.

Según la clase de vegetal que sea cultivado se controlará la hume - dad de las camas y su riego, y con respecto a éste último se puede realizar en la misma forma que en tierra. Una vez que las plantas estén arraigadas a la arena, resisten considerable presión del -- agua de riego; como es lógico suponer, diariamente se evaporará - cierta cantidad de agua y ésta debe recuperarse para mantener la -

concentración.

Los tratamientos parasiticidas son similares a los cultivos comunes, pero con la ventaja de poder regular la cantidad necesaria de insecticida y fungicida, dando por ende una mayor economía y control.

Con respecto a la temperatura apropiada sólo podrá ser controlada si se cuenta con invernaderos.

A cada cosecha es recomendable el lavado de la arena y eliminar así posibilidades de contaminación por putrefacción y otros factores negativos.

FUNCION DE LOS ELEMENTOS EN EL CRECIMIENTO.

El nitrógeno entra en la estructura de la clorofila y del protoplasma, produce abundancia en el crecimiento y follaje, retarda el proceso de maduración y aumenta la longitud del período de crecimiento. El exceso de Nitrógeno produce gran aumento de órganos debiles; en ausencia de éste el desarrollo es imperfecto y presenta el follaje coloración amarillenta. El Nitrógeno forma casi el 4% del peso de la mayoría de las plantas.

El fósforo emigra fácilmente de las zonas viejas a los brotes en crecimiento, participa activamente en la reproducción celular, cuando existe deficiencia no se produce transformación de almidones en hidratos de carbono. Se localiza preferentemente en los nucleos celulares, en frutos y semillas. Constituye del 0.1% al 0.4% en peso.

El potasio se encuentra en los brotes en crecimiento, desempeña papel importante en la formación de proteínas y aceites. En ausencia de potasio el crecimiento es longitudinal en las células pero no existe reproducción de ellas.

El calcio neutraliza los ácidos (precipitación de algunos ácidos orgánicos). Existe una relación definida entre las cantidades de calcio y nitrógeno que necesita la planta. Cuando ésta consume una gran cantidad de nitrógeno, forma gran cantidad de proteínas, lo cual entraña una gran producción de ácido oxálico, que por ende necesitará calcio para neutralizar éste exceso de acidez. El calcio forma parte de la estructura fibrosa de la planta y es junto con el nitrógeno y el potasio de primordial importancia.

El magnesio forma parte de la clorofila, en ausencia de éste elemento se presenta la clorosis (amarillez del follaje).

El azufre es esencial en la formación de las proteínas. Su deficiencia produce enanismo.

El hierro es indispensable en el crecimiento y desarrollo de las plantas, es fijado en las hojas viejas y no obstante no formar parte de la clorofila su ausencia provoca clorosis en las hojas nuevas.

Las deficiencias ó excesos de elementos pueden ser captados por medio del análisis químico ó bien por los síntomas presentes en las plantas tales como: manchas, amarillez, enanismo, arrugamiento, desecación, chamuscado, etc. Ventaja importante de éste método, es que captada la deficiencia, inmediatamente se puede corregir y la planta reacciona favorablemente en un lapso de tiempo muy corto.

Factor importante, a tomar en consideración, es el p^H de la solución, el adecuado para cada cultivo varía, aunque la mayoría de los vegetales tienden a un grado tenue de acidez generalmente el óptimo es del rango de 7 a 6. Para el tomate el recomendado es de 5.5 a 6 y para el chile de 6.7 hasta 7.

JITOMATE (*Lycopersicum esculentum*)

Esta planta de la gran familia de las Solanáceas, es de origen americano, encontrándose desde Texas hasta América del Sur. Perfeccionada por el cultivo se han obtenido mas de 300 especies repartidas en Europa, América y Asia.

Es una planta anual (en su cultivo en tierra), de tallos herbáceos de 80 a 130 cm. de largo, muy ramificados, hojas pinadas en impar y flores amarillas. El fruto es una baya, bicarpelar ó de mas carpelos de color rojo y de dimensiones variables según la variedad. Toda la planta exhala un olor particular, narcótico, más ó menos fuerte, según el grado de degeneración por el cultivo. Las variedades comerciales de mayor aceptación son: Ponderosa, Marraco, Mikado, Red Cross, Orga etc.

El ciclo vegetativo desde la siembra hasta la cosecha en tierras de 5 a 8 meses. Por el método hidróponico se reduce de 4 a 6 meses, necesitándose menos de 150 granos de semilla para una hectarea de cultivo. La plantación en tierra se recomienda a una distancia de 1.0 m. entre planta y planta para que las raíces tengan suficiente espacio para aprovechar los alimentos nutritivos de la tierra; por medio de nuestro método, como la planta no tiene que buscar los nutrientes sino que se le aportan por medio de la solución, el área por mata necesaria se reduce a una planta cada 75 cm. aumentando por consecuencia el número de plantas por área y por ende su productividad. Cuando las plantas hayan alcanzado una altura de 60 cm. se procederá a clavar a un lado -

de cada mata un carrizo, caña, otate ó rama de 2m, de altura y se atará a la planta a medida que vaya creciendo, recomendándose la poda de los tallos delgados para así acelerar la madurez y aumentar el tamaño del fruto.

La producción por planta es de 5 a 12 kg. aunque en nuestras experiencias demostraron que con un control absoluto de la concentración se podía aumentar a casi 15 kg. por planta.

Las enfermedades y parásitos más comunes del jitomate son: Tizón-temprano, Tardío Ahogamiento, Gomosis, Antracnosis, Orugas de la Mariposa, Lepidópteros y Coleópteros, Chinche de Jitomate, Pulgones etc.

CHILE (*Capsicum frutescens*)

Solanácea originaria de América, India y Africa tropical, cultivada por sus frutos de sabor picante, en México se encuentran -- numerosas variedades al estado silvestre.

Su ciclo vegetativo es de 6 a 8 meses y la distancia que debe haber entre mata y mata es de 80cm. para una hectárea se necesitan 800 gr. aproximadamente de semillas, el terreno más apropiado es el arcillo-arenoso fértil y con buen drenaje.

Tarda en fructificar de 3 meses a 4 meses, y según el clima la producción continua de 4 a 5 meses más, por lo que una hectárea llega a producir 8 toneladas de fruto seco.

Las enfermedades y plagas mas comunes son: el barrenillo ó picudo del chile, pulgones verde y negro, Rhizoctonia, hongos, viruela morena etc.

IV.- SOLUCIONES Y ANALISIS

Como ya se consideró anteriormente, las plantas consumen de la tierra sales minerales disueltas en agua, las cuales sirven de alimento a éstos organismos. Los elementos que las plantas sus traen de la tierra son principalmente: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Azufre. Pero además de los anteriores consumen: Hierro, Cobre, Zinc Iodo, Boro, Manganeso, conocidos en hidróponia como Oligo elementos para una solución, que pueda "nutrir" o proporcionar una alimentación adecuada a una planta cuyas raíces se pongan en contacto con ella, debe contener todos los elementos citados anteriormente. Para preparar una solución nutritiva, se usa frecuentemente agua de los ríos o bien agua de un pozo artesiano, según las condiciones de la región; por lo tanto es necesario efectuar un análisis del agua que se empleará para preparar las soluciones nutritivas con la finalidad de determinar el contenido de Calcio, Magnesio, Azufre, Nitrógeno, etc.

Una vez conocida la composición del agua, se puede determinar que cantidad de sales inorgánicas o fertilizantes comerciales debe agregarse a un volumen definido de agua para preparar una solución nutritiva, y tener los elementos esenciales en la con centración adecuada para que las plantas puedan disponer de ellos fácilmente. Las bases de lo mencionado anteriormente se encuentran en el libro "Principios de Fisiología Vegetal" cuyos autores son: J. Bonner y A.W. Galston, en el capítulo tercero que se refiere a la Nutrición Mineral, y el cual se transcribe a continuación debido a la importancia que tiene para este tema.

NUTRICION MINERAL

"Introducción.- La casi totalidad del organismo vegetal se compone de tres elementos: Carbono, Hidrógeno y Oxígeno. Hemos visto que el primero de ellos procede del anhídrido carbónico atmosférico - y que el hidrógeno contenido en las sustancias orgánicas vegetales tienen su origen en el agua absorbida por las raíces, mientras que el oxígeno procede en parte de ésta agua y en parte del oxígeno atmosférico y del dióxido de carbono que también se encuentra en la atmósfera, sin embargo, no pueden vivir ni desarrollarse a base de aire y de agua solamente, sino que contienen y necesitan cierto número de elementos químicos que por lo general, les son proporcionados a expensas de las sustancias minerales del suelo y a través del sistema radicular. Aunque estos elementos constituyen sólo una pequeña porción del peso anhidro de la planta, - frecuentemente del orden del 2 al 10%, no dejan por ello de ser fundamentales para el bienestar del vegetal, lo que explica sean considerados como elementos esenciales para su nutrición. Estos elementos químicos esenciales son doce: Nitrógeno, Fósforo, Azufre, Calcio, Potasio, Magnesio, Hierro, Zinc, Manganeso, Cobre, - Boro y Molibdeno. Uno de estos doce elementos, el nitrógeno aunque absorbido del suelo por las plantas, procede en última instancia del Nitrógeno atmosférico, pero los once elementos restantes, se encuentran y proceden, por tanto de los minerales que integran las rocas de la corteza terrestre.

Con pocas excepciones, los elementos químicos esenciales para el desarrollo vegetal parecen ser los mismos en todas las plantas superiores, siendo muchos de ellos también necesarios para los demás organismos vivos.

En determinados casos existen, sin embargo, algunos elementos que no parecen ser esenciales para aquellas y sí lo son para otros grupos de seres, tal sucede por ejemplo con el cobalto, que es imprescindible para los seres de organización elevada y para ciertos micro-organismos y no lo es para los vegetales superiores, mientras que otros como el Calcio, son necesarios para éstos últimos y parece ser que puede prescindirse de ellos en la nutrición de ciertos hongos y algas.

Fundamentos de nuestros conocimientos sobre la nutrición mineral.- Hoy poseemos amplios conocimientos sobre la nutrición mineral de las plantas, pero su adquisición ha sido una tarea lenta y difícil, ya que hace tan solo un centenar de años que el papel de las sustancias minerales en el desarrollo vegetal comenzó a ser generalmente reconocido. Algunas de las primeras dificultades con que se tropezó en el estudio de ésta cuestión se pone de manifiesto al leer las conclusiones sacadas de un experimento que realizó Van Helmont a principios del siglo XVII. Este investigador plantó una rama de sauce de 5 libras en un recipiente que contenía una cantidad previamente pesada de tierra seca; añadió el agua necesaria y la planta se desarrolló durante 5 años hasta convertirse en un árbol de 169 libras. La tierra sin embargo, perdió tan sólo dos onzas de las primitivas 200 libras que pesaba, pérdida que Van Helmont atribuyó a los errores experimentales, sacando en conclusión que la planta debía su sostenimiento a ninguna sustancia del suelo distinta del agua. Hoy sabemos que aquellas dos onzas de sustancias tomadas del suelo por la planta eran de vital importancia, y en realidad, esenciales para su desarrollo. Figura (a). Por tratarse de un experimento clásico, dejamos las mediciones en las can

tidades en que fueron expresadas.

El físico suizo De Saussure fué el primero que estableció claramente la dependencia en que las plantas se hallan respecto de las sustancias minerales absorbidas por las raíces, hecho que expuso en un libro publicado en 1804. Aunque demostró que lo mismo el Nitrógeno de la planta que los elementos que quedan en las cenizas resultantes de la combustión del vegetal del suelo, no llegó a establecer detalladamente cuáles fueran los elementos necesarios. A partir de la publicación de la obra de Liebig sobre éste asunto, en 1840, se aceptó de un modo general que el suelo contribuye al crecimiento vegetal con los elementos: Calcio Potasio, Azufre y Fósforo.

El método que se utiliza en la actualidad para la determinación experimental de los elementos requeridos por las plantas fué ideado y perfeccionado por Sachs y Knop hacía el año 1860. El sencillo principio en que se fundaron éstos investigadores está aclarado en la figura (b), la planta se cultiva de tal modo que sus raíces se encuentran sumergidas en un medio nutritivo líquido formado por una disolución acuosa de una sal determinada ó de una mezcla de ellas. La finalidad de Sachs y Knop fué el menor número de elementos iones necesarios para sostener indefinidamente el desarrollo normal de la planta. Sachs descubrió que los vegetales se desarrollaban satisfactoriamente en una solución nutritiva de KNO_3 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, MgSO_4 , CaSO_4 , NaCl y FeSO_4 y Knop comprobó que el NaCl no era necesario y que el medio nutritivo podía reducirse a: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, KNO_3 , KH_2PO_4 , MgSO_4 y FePO_4 . Ambas so

luciones (tabla 3-1) y en especial la de Knop, se han usado desde entonces con frecuencia para el cultivo de las plantas superiores.

Hoy día resulta claro que Sachs y Knop señalaron correctamente aquellos elementos que las plantas necesitan en cantidades relativamente grandes. Son llamados elementos esenciales abundantes de la nutrición vegetal: Calcio, Magnesio, Potasio, Nitrógeno (en forma de nitratos en las sales citadas) azufre (en forma de sulfatos) y fósforo (en forma de fosfatos). Las sales que contienen éstos elementos abundantes se suministran ordinariamente en concentraciones que varían entre los 200 mg y 1g. de solución nutritiva.

Las plantas necesitan hierro en concentraciones muchísimo menores que las de los demás elementos abundantes, siendo suficientes por lo regular concentraciones de algunas unidades por millón para mantener un desarrollo vegetal óptimo. Aún son menores las concentraciones necesarias de Zinc, Manganeso, Cobre, Boro y Molibdeno, elementos que por ello son considerados, juntamente con el hierro, como oligoelementos esenciales de la nutrición vegetal. La importancia de éstos elementos, con excepción del hierro, escapó a los primeros investigadores debido a que las sales de los elementos abundantes que entonces se empleaban resultaron ser perfectamente adecuadas por contener cantidades convenientes de los elementos escasos en forma de impurezas.

Técnicas para el estudio de la Nutrición Vegetal.- Son tres los objetivos principales que se propone el estudio de la nutrición mineral de las plantas.

El primero ya considerado por los primitivos investigadores, es - la determinación de los elementos que las plantas necesitan para su desarrollo, el segundo consiste en estudiar los síntomas de la desnutrición provocada por la ausencia de determinados elementos en la planta, y el tercero es la determinación de las condiciones nutritivas óptimas de la concentración óptima de cada uno de los elementos esenciales y del equilibrio óptimo que ha de existir - entre los diferentes elementos.

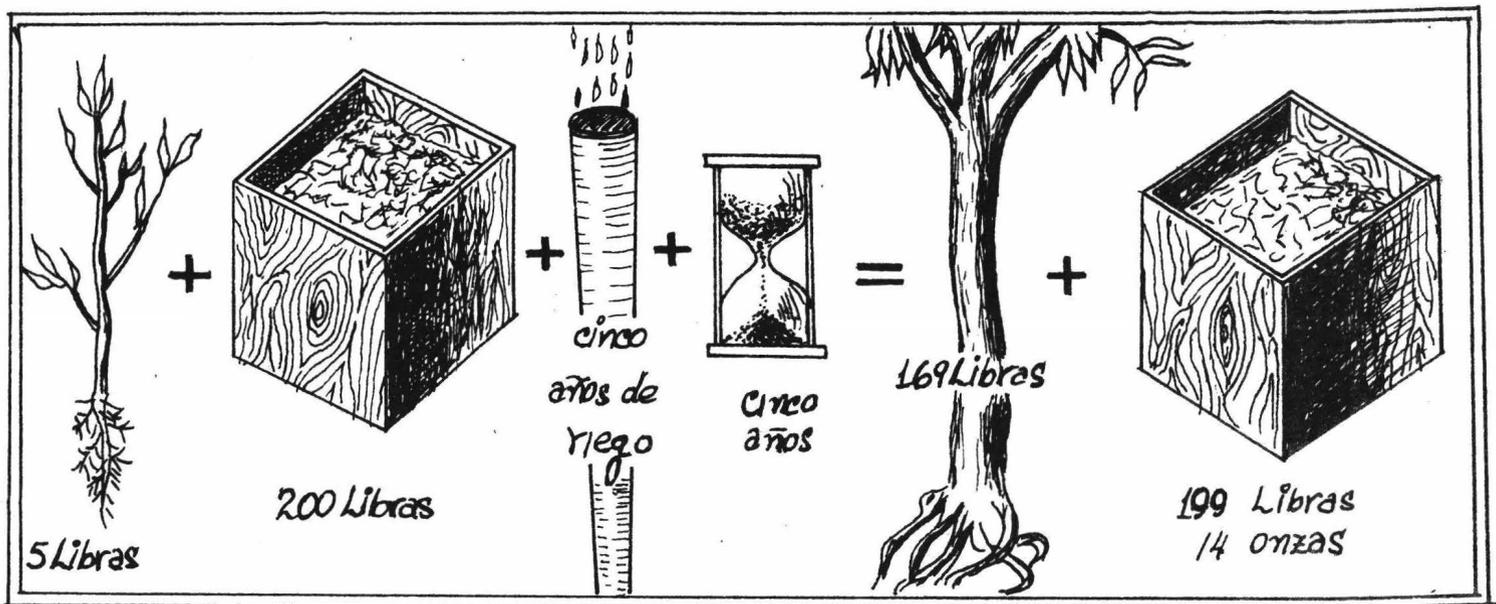


Figura (a)

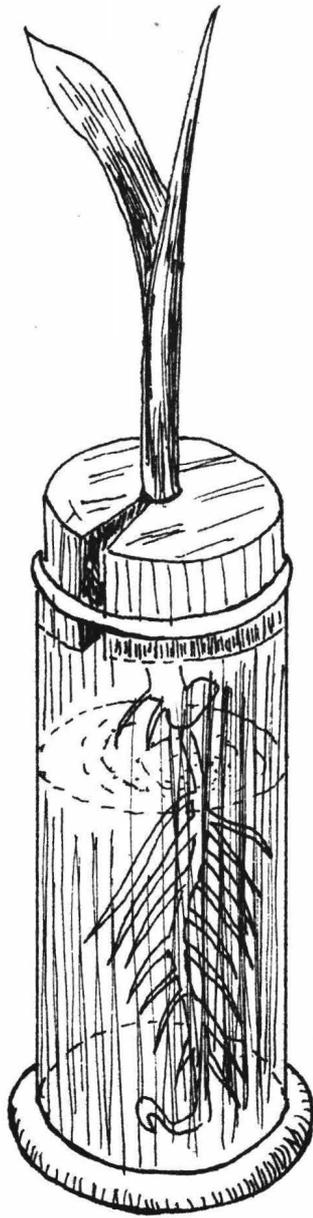


Figura (b)

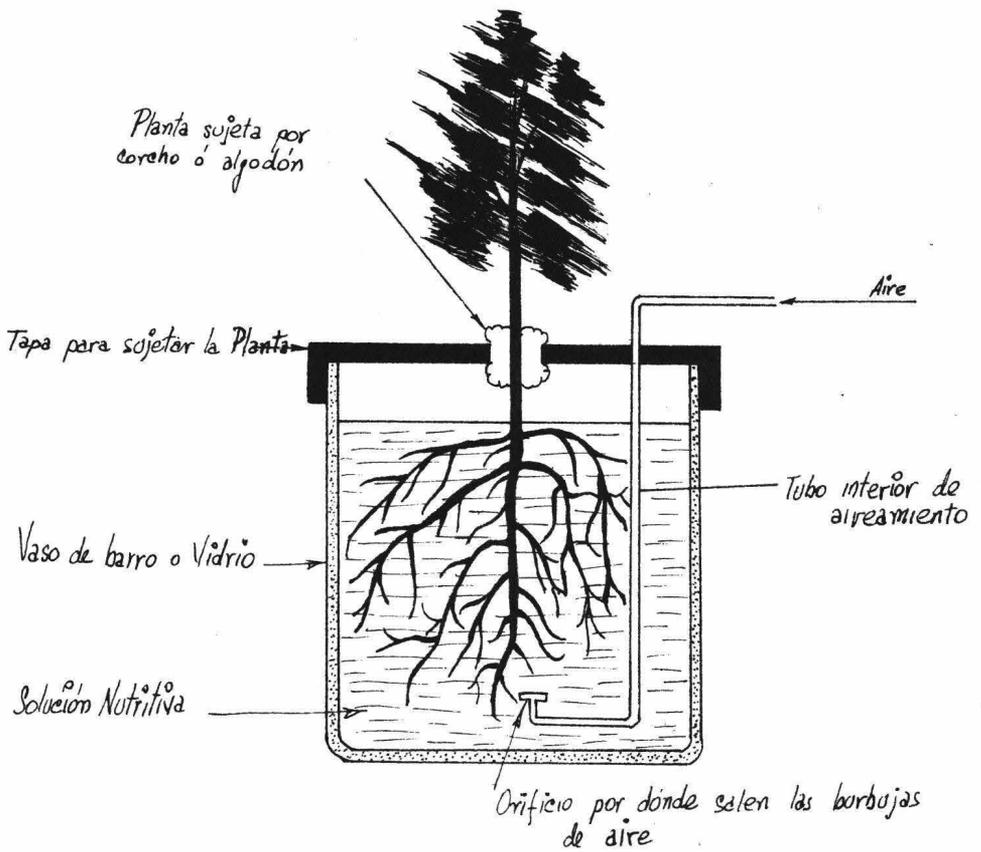


Figura (c)

Figura (d)

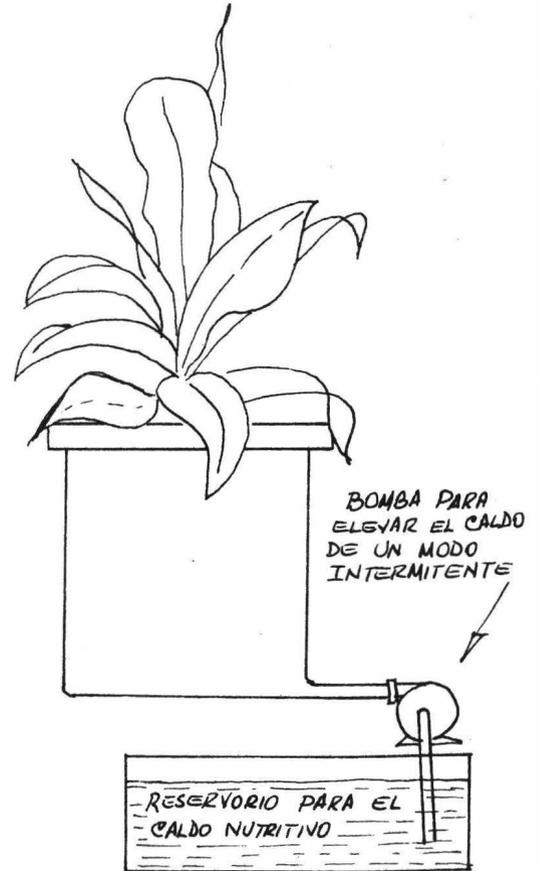
SOLUCION NUTRITIVA
ADMINISTRADA A
MANO



A. CULTIVO AL CAZO



B. CULTIVO AL CHORRO



C. SUBIRRIGACION

TABLA 3-1

Composición de dos soluciones escogidas entre las primeras que se emplearon para el cultivo de plantas en caldos nutrientes.

Solución de Sachs - 1860

Sal	g/litro
KNO_3	1.0
$\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$	0.5
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.5
CaSO_4	0.5
NaCl	0.25
FeSO_4	indicios

Solución de Knop - 1865

Sal	g/litro
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0.8
KNO_3	0.2
KH_2PO_4	0.2
MgSO_4	0.2
FePO_4	indicios

Podría parecer a primera vista que el mejor camino para resolver estos tres problemas sería el de cultivar plantas en el suelo y luego estudiar las respuestas provocadas en el desarrollo al proporcionarles diferentes elementos químicos. Este procedimiento es sin embargo, casi impracticable, porque a menudo resulta difícil determinar en el suelo en forma aprovechable para la planta.

Por ésta y por otras razones, de las que se tratará mas adelante, casi todos los estudios básicos realizados sobre las necesidades de alimentos minerales se han llevado a cabo en plantas que se desarrollan con sus raíces inmersas en una solución nutritiva -- (como en las experiencias de Sachs) ó en arena ó gravilla regada con dichas soluciones. En cualquiera de éstas técnicas, que se conocen respectivamente con los nombres de cultivo en solución, y cultivo en arena (ó gravilla), pueda saberse con toda exactitud la composición de la solución nutritiva y variarse a voluntad. En el cultivo en solución, el tallo de la planta se mantiene en posición conveniente por medio de un soporte adecuado, y las raíces quedan dentro de un recipiente de vidrio ó de un vaso ó tiesto de arcilla, que contiene a su vez la solución nutritiva. Como quiera que las raíces necesitan oxígeno para sus actividades respiratorias, se hace necesario en la mayoría de los casos, airear la solución, haciendo pasar a través de ella una corriente ascendente de finas burbujas de aire. En la figura (d) puede observarse la influencia del aireamiento en el desarrollo de una planta de cebada cultivada en solución. La composición de la solución nutritiva cambia como es lógico a medida que las raíces absorben las sustancias minerales, disueltas en ella, siendo, pues necesario renovar periódicamente la solución ó regular la concentración de cada elemento.

En los cultivos sobre arena ó gravillase deja que las raíces de la planta crezcan en una clase conveniente de arena (cuarzo por lo general) ó de gravilla contenida en un tiesto con un orificio de drenaje en la base. Tanto la arena como la gravilla con iner-

tes, es decir, se limitan a ofrecer un soporte material a la planta, pero no le suministran la más insignificante cantidad de materiales ó elementos nutritivos, y para proporcionarlos se utilizan tres procedimientos. La primera variante del cultivo en arena se conoce con el nombre de Cultivo al cazo; en ella el caldo se vierte periódicamente sobre la superficie de la arena, dejando que ésta desague antes de añadir nuevas cantidades de líquido, lo que puede hacerse una ó varias veces al día. En la segunda variante, cultivo al Chorro, la solución nutritiva se deja caer continuamente sobre la arena, graduando el caudal de afluencia, y del crenaje a fin de que la arena no esté nunca completamente saturada de solución. La tercera técnica, sub-irrigación, se usa generalmente para los experimentos realizados en gran escala; en ella, el caldo nutritivo se hace subir por medio de una bomba desde un depósito situado inferiormente de forma que atraviese la arena de abajo a arriba, y alcance casi su superficie en un momento dado deja de actuar la bomba, con lo cual el líquido nutritivo sale de nuevo al exterior. Este ciclo de inyección-drenaje puede repetirse varias veces al día, consiguiéndose que la planta esté continuamente abastecida de caldo nutritivo.

Los cultivos en arena ó gravilla se emplean mucho mas extensamente que el cultivo líquido por ser mas sencillos de montar y mas fáciles de alimentar. La causa de ésto reside ante todo en el hecho de que el aireamiento de las raíces no ha de ser objeto de un cuidado especial, ya que queda garantizado por la

difusión normal de aire a través de los huecos existentes entre las partículas de arena ó grava. El cultivo al cazo es la forma más sencilla de cultivar plantas bajo un régimen de nutrición controlada, habiéndose empleado con éxito en un gran número de estudios hechos sobre éstas funciones. El cultivo sobre arena ó grava resulta ser sin embargo, de limitada utilidad en la investigación de los oligoelementos, puesto que la arena por muy cuidadosamente que haya sido preparada, contiene siempre vestigios de muchos de éstos elementos escasos y puede, por tanto, contribuir al desarrollo de las plantas colocadas en ella con una cantidad suficiente. Por ésta razón se prefiere generalmente el cultivo en solución líquida al que se hace en arena, cuando se trata de estudiar los oligoelementos, pero ha sido suplantado por el último para la mayor parte de las investigaciones fisiológicas rutinarias.

Solución nutritiva equilibrada.- Los caldos nutritivos de Sachs y Knop reproducidos en la tabla 3-1, si bien resultan satisfactorios para lograr el desarrollo de las plantas, no son ni mucho menos, los mas sencillos ni producen necesariamente un desarrollo óptimo. Los fitofisiólogos norteamericanos Tottingham y Shieve dieron en los años siguientes a 1914 un notable impulso al estudio sistemático de los efectos que resultan de variar la composición de una solución nutritiva. Las sales KH_2PO_4 , MgSO_4 y $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, que contienen entre las tres todos los elementos esenciales abundantes, pueden mezclarse en proporciones diversas de tal modo que permanezca constante la presión osmótica-

global. Así tres soluciones tipo patrón, cada una de ellas contiene una de las sales citadas, se mezclan en proporciones diversas, como indica la figura 3-6. La solución nutritiva correspondiente al punto A del triángulo contiene solamente $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, la correspondiente al mismo centro del triángulo contiene las tres soluciones tipo mezcladas en igual proporción, las restantes soluciones nutritivas representadas por otros puntos del triángulo están compuestas por diferentes proporciones de las iniciales. De ésta forma resulta que las plantas se desarrollan en caldos de distinta composición, pudiendo elegirse el que produce crecimiento máximo. Al mismo tiempo pueden observarse los síntomas de las deficiencias individuales producidas en las plantas desarrolladas sobre soluciones incompletas.

Este sistema tiene el inconveniente de que las variaciones introducidas afectan a cada una de las sales y no a los elementos químicos ó a los iones contenidos en ellas, pero existe un método experimental ideado en 1940 por el fitofisiólogo norteamericano Hamner, basado en la alteración independiente de los aniones y de los cationes, en el cual las soluciones patrón de Tottingham y Shieve se reemplazan por otras cuyos aniones y cationes pueden variar por separado. La primera solución contiene nitratos de K, Mg y Ca; la segunda contiene los mismos cationes en forma de sulfatos, y la tercera está formada por los monofosfatos correspondientes, manteniéndose constante en las tres proporciones relativas de los cationes. Estas soluciones se mezclan al igual que se hizo anteriormente, a fin de obtener una serie de caldos nutritivos en los que sea constante la concentración de K, Mg y

Ca, pero de forma que varíen sistemáticamente las proporciones de los aniones sulfato, nitrato y monofosfato. Para estudiar los efectos producidos por la variación de las concentraciones de K, Mg y Ca, se emplean otras tres soluciones, una de las cuales es formada por K_2SO_4 , KNO_3 y KH_2PO_4 ; otra por las sales cálcicas de los mismos aniones y la otra, por las correspondientes de Magnesio. Estas tres soluciones patrón pueden mezclarse para lograr una serie de caldos en los que los aniones están en proporción constante, pero en los que se hace variar sistemáticamente la concentración relativa de los cationes. En la figura (e) aparecen los valores alcanzados en el desarrollo vegetal con series de caldos nutritivos variados según el método de Hamner, y en ella se ve la posibilidad de seleccionar como consecuencia del experimento las proporciones óptimas de cationes y aniones.

Un tercer procedimiento, ampliamente usado para estudiar los efectos de la mezcla nutritiva, consiste en mantener constantes las concentraciones de dos sales $Ca(NO_3)_2$ y KH_2PO_4 , por ejemplo hacer variar la concentración de la tercera, $MgSO_4$. Este método tiene el inconveniente de que en él se hace variar la concentración salina total, lo cual produce a menudo efectos considerables.

Los procedimientos que acabamos de describir han sido aplicados por multitud de investigadores a un número de plantas diferentes aunque las distintas especies presentan algunas diferencias, en cuanto al valor exacto de la concentración y proporciones óptimas de los elementos esenciales abundantes, las exigencias nutritivas de las plantas son notablemente semejantes en una amplia escala, por lo que una determinada solución puede utilizarse para cultivar con éxito un gran número de especies. En la siguiente tabla se dan las composiciones de tres soluciones nutritivas que

se emplean mucho actualmente para cultivar, ya sea en medio líquido ya sea en arena.

Composición, respecto a los elementos abundantes de tres soluciones nutritivas de gran empleo. Estas soluciones deben contener, para ser completas, sales de los oligo-elementos.

Los oligoelementos se añaden a razón de 1 cm³ por cada litro de una solución formada por 0.6 g de H₃BO₃, (ácido bórico) 0.4 g de MnCl₂, 4H₂O, 0.05 g de Zn SO₄, 0.05 g de CuSO₄, 5H₂O y 0.02 g de H₂MoO₄, -- 4H₂O (ácido molíbdico).

Solución de Shive R552

Sal	g/litro
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	1.23
KH ₂ PO ₄	2.45
MgSO ₄ .7H ₂ O	3.70
FePO ₄	0.005

Solución de Hoagland

Sal	g/litro
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	1.18
KNO ₃	0.51
MgSO ₄ .7H ₂ O	0.49
Tartrato férrico	0.005

Solución 2a. de Hoagland

Sal	g/litro
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	0.95
KNO ₃	0.61
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.49
NH ₄ H ₂ PO ₄	0.12
Tartrato Férrico	0.005

Oligoelementos esenciales.- La presencia de los elementos escasos y oligoelementos en una solución nutritiva, es desde luego necesaria, si aquella ha de ser completa, es decir, si ha de ser una solución capaz de sostener todo el ciclo vital de una planta. El estudio de los elementos abundantes sólo será posible, por tanto empleando un caldo que contenga también los oligoelementos esenciales.

En las primeras investigaciones realizadas sobre la nutrición mineral no pudo ponerse de manifiesto la necesidad de tales elementos, ya que éstos se hallaban presentes al estado de impurezas en las sales de los elementos abundantes, pero según se fueron obteniendo sales nutritivas cada vez más puras, se fué haciendo más evidente que los elementos abundantes como tales no bastaban para sostener el desarrollo de la planta. El hierro fué el primero de los oligoelementos cuya presencia se demostró como esencial para el crecimiento vegetal, hecho que descubrió Gris en 1843-44, pero sólo a partir de 1920 se realizaron experimentos definitivos sobre los demás oligoelementos exigidos por las plantas superiores. El reconocimiento del carácter esencial del Manganeso, Boro, Zinc, Cobre y Molibdeno, efectuado en los años transcurridos de 1932 a 1939, ha sido un capítulo interesantísimo de la moderna fisiología vegetal,-

sólo posible gracias al desarrollo de métodos rigurosos para purificar los componentes de las soluciones nutritivas, y gracias-también a haber adquirido el conocimiento de cuan fácil es que - dichas soluciones se contaminen con los oligoelementos en cantidad suficiente para mantener el desarrollo vegetal. Así una prolongada estancia del agua en una vasija de cristal, puede originar la presencia en ella de pequeñas cantidades de boro, y de - igual forma, las aguas que fluyen a través de una tubería galvanizada ó de una instalación con tuberías de latón pueden disol - ver la suficiente cantidad de zinc ó de cobre para satisfacer - las necesidades de la planta. Prestando una atención escrupulo - sa a éstos detalles, es cómo se ha llegado a alcanzar nuestros - actuales conocimientos sobre el papel de los oligoelementos es - cenciales."

Como puede deducirse, el capítulo anterior resulta de gran utili - dad para darnos las ideas preliminares acerca de la nutrición de las plantas, pero representa y describe meramente métodos de in - vestigación acerca de cuales elementos y en que cantidad son ade - cuados para la nutrición de un determinado cultivo; en hidrópo - nia resulta un costo muy elevado si se emplean sales puras, por - lo cual para una operación económica es recomendable usar ferti - lizantes comerciales, los cuales además de ser mas baratos que - las sales puras, contienen como impurezas algunos oligoelementos aprovechables por las plantas; con la finalidad de obtener una - documentación mas amplia, se transcribe a continuación lo descri - to en el libro: "Horticultura y Floricultura sin Tierra" editado por la Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana; en el capí - tulo VII.

FORMULAS DE SOLUCIONES NUTRITIVAS

"Antes de describir las fórmulas que se emplean para preparar las soluciones nutritivas, consideramos conveniente hacer algunas observaciones generales sobre ésta cuestión. Como es sabido, cuando las plantas se desarrollan en tierra toman sus alimentos (compuestos químicos) de las soluciones naturales del suelo. El paso de ésta forma de alimentación al empleo de soluciones nutritivas artificiales no constituye un cambio radical. El que la planta obtenga su Nitrógeno, su Potasio y su Fósforo de la tierra ó de una solución nutritiva, no significa una diferencia notable, siempre que los obtenga en formas y cantidades adecuadas.

Cuando el sistema seguido en el sistema en tierra no es el conveniente, las plantas muestran ciertos síntomas, que obligan a tomar las medidas necesarias para corregir la deficiencia. Lo mismo ocurre con el cultivo en soluciones nutritivas. Las plantas mismas indican las deficiencias y el productor pone remedio a la situación modificando las soluciones convenientemente. No existe mayor riesgo de perder la cosecha con el cultivo en soluciones nutritivas que con el cultivo en tierra.

Así como existen diferentes opiniones sobre los fertilizantes y los métodos de cultivo en tierra, hay opiniones distintas sobre las fórmulas y métodos que deben emplearse en el cultivo en soluciones nutritivas. Vamos a mencionar diversas teorías y haremos resaltar la que consideremos superior. Algunos de los investigadores que han estudiado el problema del cultivo en soluciones nutritivas han tratado de encontrar una fórmula que pudie utilizarse durante todo el período de producción.

Nuestra experiencia y la de otros investigadores muestra que ésto no es posible.

En ciertas regiones de los Estados Unidos, donde la duración del día es relativamente uniforme y dónde la intensidad de la iluminación diurna no se ve muy afectada por tiempo nublado, es posible utilizar una misma solución, con poca o ninguna modificación, durante largos períodos. Pero en el medio oeste, por ejemplo los días son mas cortos en invierno que en verano, y en ciertas épocas del año hay largos períodos con cielo nublado. La suposición de que una misma solución pueda producir un buen desarrollo en condiciones tan variadas, está en contra de todos los principios de la fisiología vegetal.

MÉTODOS PARA CONTROLAR EL CRECIMIENTO

Se han ideado diferentes métodos por diversos investigadores para contrarrestar los efectos de las variaciones de luz y temperatura. Algunos han pensado en aumentar la concentración de la solución nutritiva hasta el grado necesario para que las plantas no puedan absorber agua libremente. Esta idea se fundamenta en el principio de la ósmosis, que es el medio por el que los elementos nutritivos penetran en la planta. De éste modo se puede reducir la cantidad de elementos nutritivos que entran en la planta aumentando la cantidad y concentración de sales nutritivas en el depósito.

Algunos investigadores recomiendan no aumentar la concentración en mas de tres veces la concentración normal del período de verano. Nosotros hemos tratado de aumentar la concentración un año, pero hemos encontrado el procedimiento demasiado costoso, al triplicar la concentración, el gasto necesario para mantenerla en tal grado es en realidad prohibitivo. Según teoría, las plantas no utilizan mucha cantidad de sales fertilizantes, pero cuando vegetan sobre -

una solución de alta concentración las sales van desapareciendo y tienen que ser repuestas en gran cantidad para mantener la concentración en el punto adoptado. Al parecer, las sales se fijan sobre la carbonilla que luego tiene que ser lavada, con lo cual se pierden y resulta un gasto innecesario. Al año siguiente recurrimos al método de equilibrio nitrógeno-potasio, que resultó mucho más satisfactorio; se necesitó una tercera parte de los fertilizantes empleados en el año anterior.

Otros investigadores han adoptado el método de reducir el número de alimentaciones en las épocas en que las condiciones de crecimiento son adversas. En lugar de dar tres alimentaciones por día, hacen una sola para varios días. Este proceder se apoya en el mismo principio que el riego, la concentración de sales es menor que algunos días después de haberse secado la tierra. Lo mismo ocurre cuando la carbonilla ó la grava se inundan a intervalos irregulares. Si se practica éste método, deben observarse las hojas periódicamente hasta que se aprecien síntomas que permitan saber cómo debe regularse la alimentación, en particular en lo relativo al nitrógeno. Debe cuidarse muy especialmente de que las plantas no se marchiten en los días cálidos y soleados, pues esto causaría serios perjuicios.

Estimamos que el método que nosotros hemos adoptado es superior a cualquiera de los citados. Nuestro método consiste en hacer variar las proporciones de elementos que contiene la solución. El nitrógeno y el potasio en particular, tienen que mantenerse en un cierto equilibrio durante los días de invierno. Sus proporciones relativas dependen en nuestra opinión de la intensidad, y cantidad de sol disponible.

Con nuestro método se tiene un control exacto de todos los factores del crecimiento. Hemos comprobado que en ocho horas se puede apreciar si una planta está reaccionando debidamente a una corrección en la solución. Otros investigadores que han ensayado métodos análogos de regulación de la solución nutritiva, han obtenido resultados muy satisfactorios. Nuestros estudios indican que las plantas deben dividirse en dos grupos: 1) Plantas de madera dura, como los rosales y las gardenias; 2) Plantas de madera blanda, como los claveles, alhelfes, crisantemos-tomates.

Estas dos clases de plantas tienen exigencias diferentes, y la fórmula de las soluciones para unas y otras debe ser distinta - es probable que pueda emplearse una misma solución para ambas - clases de plantas, pero en diferentes épocas del año. Por ejemplo una solución puede ser conveniente para las plantas de madera dura durante el final de la primavera y el verano, pero puede no ser adecuada para las plantas del otro grupo hasta el final del verano y el otoño. Es posible que haya regiones de los Estados Unidos donde una misma solución pueda utilizarse todo el año para casi todos los cultivos. Las regiones donde esto es posible son aquellas en que apenas hay tiempo nublado y en que no hay grandes variaciones en el número de horas de sol. Nuestra experiencia indica, no obstante, que aún cuando no haya normalmente tiempo nublado, es conveniente hacer variar las soluciones en diferentes estaciones. En verano hay aproximadamente ocho horas más de sol cada día que en invierno, y esto hace que las plantas utilicen más nitrógeno durante los días largos - que durante los días cortos.

Como hemos dicho antes, uno de los factores que determinan la elección de la solución a emplear es, en cierto grado, la condición leñosa ó herbácea de la planta.

Las plantas leñosas necesitan mas potasio que las plantas herbáceas, estas últimas se dividen a su vez en dos grupos, las que necesitan gran cantidad de nitrógeno y las que solo requieren una cantidad moderada de éste elemento. Los Alhelifes, los crisantemos y los claveles se desarrollan bien con la misma solución y requieren gran cantidad de nitrógeno. La boca de dragón en cambio, necesita mucho menos nitrógeno. Los tomates son plantas herbáceas, pero se desarrollan muy bien en soluciones empleadas para las rosas. No solo necesitan mas nitrógeno, sino también menos potasio durante el otoño y el invierno.

Uno de los aspectos mas ventajosos del cultivo en soluciones hidropónicas es la exactitud con que pueden apreciarse las necesidades de cada planta, para adaptar las soluciones en forma que se pueda obtener una cosecha de calidad excepcional.

Como ejemplo de éste control de las cosechas podemos mencionar nuestras experiencias con tomates. Durante los dias oscuros de principios de invierno, el fruto se cargó de agua. Sabíamos que éste síntoma en el cultivo en tierra, puede deberse a dos causas: Temperatura inadecuada ó exceso de agua, suponiendo que éstas mismas causas pudieran actuar en el cultivo en soluciones nutritivas, comprobamos que la temperatura era la correcta.

Entonces dedujimos que el efecto era debido al otro factor, demasiada agua, y cortamos completamente la alimentación de las plantas de uno de los compartimientos del invernadero durante -

veintitres días. Las plantas no sufrieron ningún daño y el fruto se endureció, pero no lo suficiente. En otros compartimentos, además de suspender la alimentación como en el primero, ensayamos una modificación de la concentración de potasio, pues sabíamos -- por experiencia que el potasio tiende a endurecer las partes en crecimiento. De acuerdo con esta idea, aumentamos la cantidad de potasio de 660 ppm a 1000 ppm, con el resultado de que a los cinco días, el fruto estaba en condiciones de enviarse al mercado. El sabor cambio también resultando algo mas dulce, es probable - que una concentración de 800 a 850 ppm, aplicada antes de que se hubiera presentado el trastorno mencionado, lo hubiera impedido. Creemos que puede determinarse de antemano el equilibrio entre -- el nitrógeno y el potasio, consultando la gráfica relativa a las proporciones relativas de ambos elementos.

DOCE FORMULAS COMPROBADAS

Cualquiera de las fórmulas propuestas por las diversas estaciones experimentales constituye una buena solución básica para ciertas plantas ó para determinados períodos del año y puede emplearse tal como está recomendada. A medida que el operador lo juzgue necesario, puede introducirse la modificación precisa. En las páginas - que siguen damos algunas de las mejores fórmulas y la fuente de - dónde proceden.

Dos soluciones utilizadas con gran éxito por el Dr. John Arthur - del Boyce Thompson Institute, son las siguientes:

- 1.- La primera es la solución de Shive formada por tres sales.

compuesto	%	PPM
Nitrato de calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	0.085	850

Fosfato Monopotásico KH_2PO_4	0.245	2 450
Sulfato de Magnesio MgSO_4	0.180	1 800

2.- La otra solución está formada por ácidos y bases.

compuesto	%	PPM
Acido sulfúrico H_2SO_4	0.0379	379
Acido nítrico HNO_3	0.0277	277
Acido fosfórico H_3PO_4	0.0394	394
Hidróxido de Potasio KOH	0.0143	143
Hidróxido de amonio NH_4OH	0.0155	155
Oxido de calcio CaO	0.0140	140
Oxido de magnesio MgO	0.0165	165

A cada una de las dos soluciones anteriores hay que añadirles pequeñas cantidades de hierro, boro y manganeso. Los compuestos utilizados en éstas fórmulas deben ser productos químicamente y no fertilizantes comerciales.

La siguiente solución recomendada por R.B. Farnham y R.P. White de la estación experimental de Nueva Jersey, está indicada para las plantas que se señalan. La acidez debe corregirse hasta el grado señalado para cada planta.

Para rosas pH 6.0 a 7.0 para claveles pH 5.5 a 6.5, para gardenias pH 4.5 a 5.0, para 100 galones de solución se emplean las cantidades indicadas en gramos en la columna A, para 1000 litros se emplean las cantidades en gramos indicadas en la columna B.

	A	B
Sulfato de amonio	60g	150g
Fosfato de Potasio Monobásico	114g	285g
Sulfato de Magnesio	280g	570g
Nitrato de Calcio	972g	2430g

Otra solución del mismo origen, recomendada para otras plantas debe llevar los siguientes grados de acidez, para chicharos - dulces pH 6.0 a 7.0, para boca de dragón pH 5.5 a 6.5, para - otros muchos cultivos pH 5.5 a 6.5.

La cantidad de sales a emplear para 100 galones se da en la - columna A, la cantidad para 1000 litros se da en la columna B.

Fosfato de Potasio Monobásico	243g	608g
Nitrato de calcio	864g	2 260g
Sulfato de Magnesio	451g	1 127g

Robert Whithrow de la Universidad de Purdue, ha trabajado con diversas soluciones, dan excelentes resultados sus soluciones- 2D y 2E. En éstas fórmulas se utilizan fertilizantes comercia- les.

SOLUCION 2C

Compuesto	milimo- les.	Gramos por 1000 litros
Sulfato de magnesio $MgSO_4$	1	260
Superfosfato triple $Ca H_4(PO_4)_2$	1	310
Nitrato de Potasio KNO_3	8	880
Sulfato de amonio $(NH_4)_2SO_4$	2	280

SOLUCION 2D

Compuesto	milimo- les	gramos por 1000 litros
Sulfato de magnesio $MgSO_4$	0.5	65
Superfosfato triple $CaH_4(PO_4)_2$	0.5	155
Nitrato de Potasio KNO_3	10	1 100
Sulfato de Calcio $CaSO_4$	4	760
Sulfato de amonio $(NH_4)_2SO_4$	1	140

SOLUCION 1E

Compuesto	milimo- les	gramos por 1000 litros
Sulfato de magnesio $MgSO_4$	4	520
Superfosfato triple $CaH_4(PO_4)_2$	2	620
Nitrato de potasio KNO_3	6	660
Nitrato de calcio $Ca(NO_3)_2$	4	720
Sulfato de amonio $(NH_4)_2SO_4$	0.5	70

SOLUCION 2E

Compuesto	milimo- les	gramos por 1000 litros
Sulfato de magnesio $MgSO_4$	0.5	65
Superfosfato debil $Ca(H_2(PO_4))_2$	0.5	155
Nitrato de potasio KNO_3	6	660
Nitrato de calcio $Ca(NO_3)_2$	4	720
Sulfato de amonio $(NH_4)_2SO_4$	2	160

Las tres fórmulas que siguen proceden de la estación experimental de Ohio:

SOLUCION W.P.

	gramos por 1000 galones	gramos por 1000 litros
Nitrato de Potasio	2 632	608
Sulfato de Amonio	439	110
Sulfato de Magnesio	2 043	511
Fosfato Monocalcico	1 090	282
Sulfato de Calcio	4 856	1 214

SOLUCION 2E

	onzas por 60 galones	gramos por 60 galones	gramos por 1000 litros
Nitrato de Potasio	1	168	672
Sulfato de Amonio	1.5	43	168
Sulfato de Magnesio	0.5	14	56
Fosfato Monocalcico	1	28	112
Nitrato de Calcio	1	28	112
Sulfato Ferroso, tres cucharaditas, sulfato de manganeso 300 c.c.			
de la solución al 1%			

SOLUCION 2 W.P.

	onzas por 60 galones	gramos por 60 galones	gramos por 1000 litros
Nitrato de Potasio	12	336	1 344
Sulfato de Amonio	1.5	42	168
Sulfato de Magnesio	9	252	1 008
Fosfato de Monocalcico	4.5	126	504
Sulfato de Calcio	21	588	2 354
Sulfato ferroso, 3 cucharaditas, sulfato de manganeso 300 c.c. de			

la solución al 1%.

Otra solución original de la granja experimental central de Ottawa, Ontario, Canada, resultó muy satisfactoria utilizada por H. Hill y M.B. Davis, para la producción de crisantemos.

	gramos por 50 galones	gramos por 1000 litros
Sulfato de Magnesio	247.2	1 236
Fosfato de Potasio Monobásico	134.5	672.5
Cloruro de Calcio	275	1 375
Nitrato de Potasio	300.6	1 503
Nitrato de Amonio	675	3 375

No obstante las variaciones que existen en las doce fórmulas que - hemos dado, en lo fundamental son muy semejantes. Según los informes de los investigadores que han utilizado estas fórmulas, se han obtenido con ellas muy buenos resultados. Cualquiera de ellas puede utilizarse para iniciar el trabajo, a continuación de modificar las conforme a las exigencias del cultivo. A la vista de la diversidad de fórmulas propuestas, puede resultar difícil determinar - cual debe adaptarse para empezar. Conocemos una gran instalación - de estufas que eligió una fórmula y produjo en el primer año gran - número de variadas cosechas.

Al año siguiente seleccionó las plantas que habían dado mejores resultados, desechó las que habían vegetado peor y tuvo un año exce - lente. Otro modo de iniciar el trabajo, que creemos es el mejor, - es producir la planta en la que se tenga mas experiencia, elegir - la solución que mejor se adapte a ese cultivo y mediante comproba - ciones frecuentes, mantener en la solución las proporciones que - mas convengan para obtener los mejores resultados.

Las plantas leñosas, como las rosas y gardenias suelen presentar mayores dificultades que las plantas herbáceas.¹¹

Además de ésta obra se pueden consultar otras en las cuales se encuentran formulaciones con las cuales han trabajado diferentes investigadores, pero todas presentan una gran similitud y además -- las indicaciones generales acerca del pH de la solución de la --- alimentación de las plantas etc. son básicamente las mismas, por lo tanto ahora procederemos a describir nuestra propia experiencia.

Como medio de sustentación se utilizaron tres clases de materiales: arena de río, arena de mina y tezontle, los dos primeros materiales son excelentes medios de sustentación, pero el tezontle posee una ventaja sobre estos, y es la siguiente que debido a la porosidad de éste material, absorbe agua o bien solución nutritiva, la cual absorben las plantas en los intervalos en que no son regadas, traduciéndose esto en un mejor desarrollo de las plantas cultivadas en tezontle, por lo anterior se decidió después de dos meses de experimentación, que el medio de sustentación que ofrecía mayores ventajas para las plantas era una mezcla de tezontle y -- arena de mina o de tezontle y arena de río. Cuando se comienza a trabajar una tina o una cama hidropónica, se ponen a germinar las semillas con anterioridad, y se trasplantan las plántulas una vez que han alcanzado una altura de 5 a 7 centímetros, al hacer la germinación no es necesario hacerla en caldos o soluciones nutritivas, se hace con agua de la llave en un algodón o bien sobre arena, la cual se mantiene húmeda agregando agua diariamente, no es necesario emplear soluciones nutritivas en la germinación ya que las semillas poseen una reserva alimenticia suficiente para que la planta germine y los primeros días de desarrollo de ahí en

adelante la planta toma su alimento del suelo o bien de los caldos nutritivos que se le suministran en el medio de sustentación una vez que las plantas tenían las primeras tres o cuatro hojas, se trasplantaron al medio definitivo de sustentación y se comenzó a alimentarlas con caldos nutritivos, y la primera formulación que se empleó fué la siguiente:

Nitrato de Potasio	68.04g
Nitrato de Calcio	45.04g
Sulfato de Magnesio	22.68g
Fosfato de Potasio Monobásico	22.68g

Las cantidades anteriores se emplearon para preparar 100 litros de solución alimenticia, la cual provee a las plantas de los elementos principales, para proporcionarles los oligoelementos necesarios para su desarrollo se preparó la siguiente solución en un litro de agua, de la cual se tomaba 1 c.c. para cada 10 litros de solución alimenticia:

Nitrato de Manganeso	5.40g
Sulfato de Zinc	0.44g
Sulfato de Cobre	0.005g
Ioduro de Potasio	0.044g
Acido Bórico	0.20g

Se procedió a alimentar las plantas con esta solución cuatro veces al día, pero al cabo de un mes y medio, las plantas comenzaron a mostrar ciertas deficiencias en la alimentación, manifestándose como amarillez en las hojas seguida de la muerte de algunas zonas de las hojas mas viejas, chamuscándose y comenzando se éste síntoma por los bordes, debido a los síntomas anterior -

res se decidió emplear una nueva formulación consistente en las siguientes cantidades para 100 litros de solución:

Sulfato de Potasio	25 g
Sulfato de Amonio	25 g
Fosfato de amonio	25 g
Fosfato de Calcio Monobásico	25 g
Nitrato de Potasio	30 g
Nitrato de Amonio	25 g
Sulfato de Magnesio	20 g

Además de esto se utilizó la solución complementaria para proveer los oligoelementos necesarios, pero esta nueva solución no dio los resultados deseados, debido a que las plantas siguieron manifestando los mismos síntomas debidos a las deficiencias alimenticias.

Ya que las plantas seguían mostrando deficiencias nutricionales, pensamos que ésto era debido a que agotaban alguno o algunos de los elementos contenidos en la solución, mas rápido que otros, o bien, la concentración de éstos no era la adecuada de lo anterior surgió la necesidad de determinar cuantitativamente el consumo de algunos de los elementos principales como el nitrógeno, fósforo y potasio, para lo cual se adoptó una solución cuyas características principales fueran la facilidad de analizar los elementos en ella contenidos, y que además no hubiera reacciones de oxidoreducción entre las diferentes sales constituyentes, así pues, comenzó a aplicarse la siguiente fórmula:

Sulfato de Magnesio	250 g
Superfosfato triple de Calcio	310 g

arena. Proporcionando el fierro de ésta manera, disminuyeron los síntomas que las plantas presentaban debidos a la deficiencia de fierro.

En la población de Putla Oax. se instaló una pequeña unidad hidropónica con posibilidades de ampliación, y se comenzó a trabajar - con dos tinajas de madera llenas de arena de río y con un tinaco de 200 litros de capacidad, un tanque de recolección también de 200-litros de capacidad y una moto-bomba de un cuarto de caballo. En los doscientos litros de agua se disolvieron las siguientes cantidades de sales:

Nitrato de Potasio	176 g
Fosfato de Potasio Monobásico	62 g
Nitrato de Calcio	62 g
Sulfato de Magnesio	52 g
Sulfato de amonio	54 g

Y además las soluciones de fierro y los oligoelementos necesarios en la proporción indicada anteriormente. Para proporcionar o mejor dicho reponer las sustancias que las plantas iban consumiendo, se agregaban cada 10 días las siguientes cantidades de sales al - tanque de almacenamiento, y además pequeñas cantidades de fierro- y oligoelementos:

Nitrato de Potasio	88 g
Nitrato de Calcio	31 g
Fosfato de Potasio Monobásico	31 g
Sulfato de Magnesio	28 g
Sulfato de Amonio	25 g

Nitrato de Potasio	880 g
Sulfato de Amonio	280 g

Las cantidades anteriores están dadas para 1000 litros de solución, se propuso cambiar de solución cada semana y determinar - cuantitativamente el consumo de elementos. Los detalles de aná - lisis de las soluciones se darán en el capítulo correspondiente la fórmula anterior no produjo cambios visibles en el aspecto - de las plantas, lo cual se debió tal vez a la insolubilidad de - los fosfatos de calcio, haciéndose necesario emplear para éste - propósito un fosfato mas soluble como lo es el fosfato de pota - sio monobásico, y para proveer de calcio a las plantas se pro - pone emplear nitrato de Calcio, dando como resultado la siguien - te fórmula:

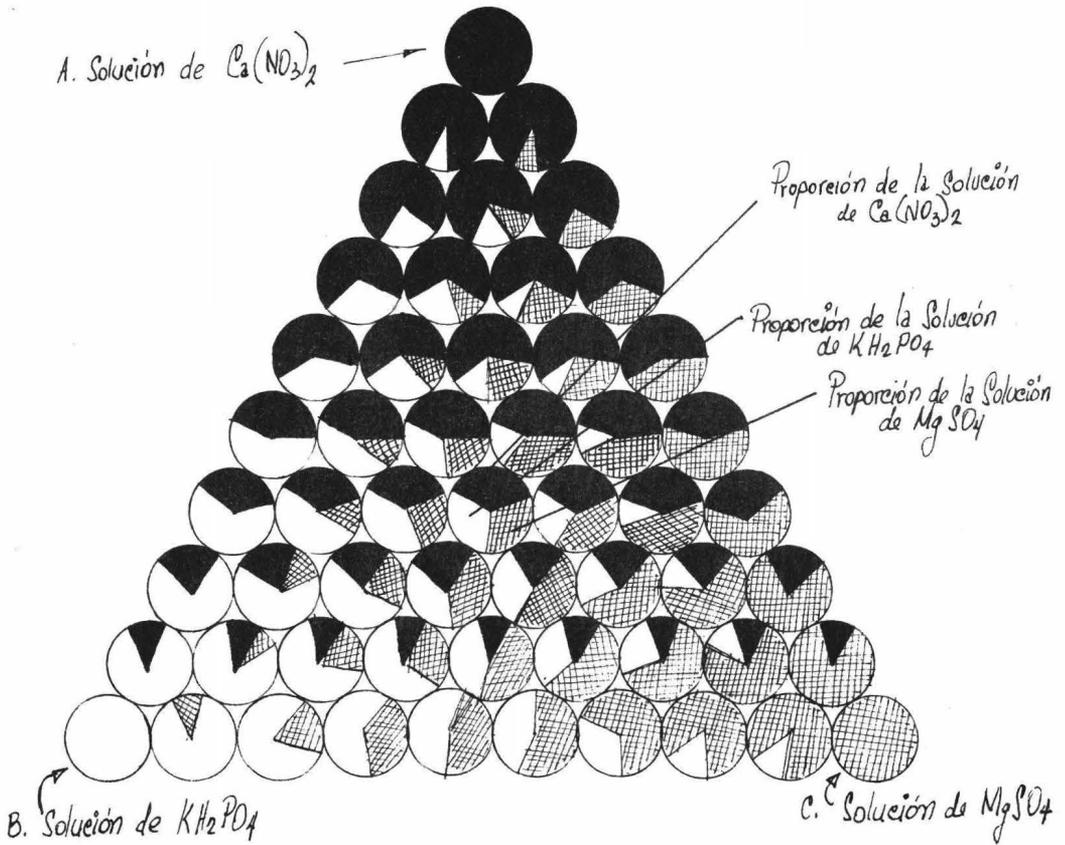
Para 1000 litros de solución nutritiva:

Nitrato de Potasio	880 g
Nitrato de Calcio	310 g
Fosfato de Potasio Monobásico	310 g
Sulfato de Magnesio	260 g
Sulfato de Amonio	280 g

Con la finalidad de proporcionar el fierro necesario a los cul - tivos, comenzó a emplearse una solución de citrato férrico amo - nial, pero este complejo no es asimilable por las plantas en - esa forma, debido a que presentaban síntomas debidos a la falta de éste elemento, por esta razón se decidió suministrar el fie - rro en forma de Cloruro Férrico y además agregar algunas limadu - ras de fierro al medio de sustentación, revolviéndolas con la -

Con el procedimiento anterior se logró que las plantas ya no mostraran deficiencias muy marcadas, y además un incremento en la altura y en el tamaño de las hojas y de los frutos, las plantas alcanzaron una altura de un metro y medio y dieron frutos de buen tamaño en el caso del jitomate, y en el caso del picante, las plantas aunque no alcanzaron una gran altura, produjeron una buena cantidad de frutos y además de buen tamaño. La única deficiencia que se notó fué un abarquillamiento en las hojas y aunque el tamaño de los frutos fué bueno, la cantidad fué escasa, lo anterior suponemos que se debió a la falta de fósforo pero a pesar de las deficiencias mostradas, en ésta experiencia se obtuvieron mejores resultados que en las anteriores, por los cuales la solución óptima es la señalada en último lugar, la cual se puede mejorar aumentando la concentración de fosfatos.

FIGURA (e)



Como ya se mencionó anteriormente, los elementos que consumen las plantas en mayores cantidades son: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, - Calcio, Magnesio, Azufre y pequeñas cantidades de Hierro, Zinc, - Manganeso, Boro, Cobre y Iodo. Los métodos analíticos deben orientarse a determinar que cantidad de éstos elementos se ha consumido con la finalidad de reponer dichas cantidades en la solución alimenticia o nutritiva, y las plantas no se vean afectadas en su desarrollo por la falta de elementos nutritivos, ya que dicha falta puede traducirse como hemos visto anteriormente en la desecación y muerte de algunas de las hojas y en casos mas avanzados - inclusive en el enanismo de las plantas, caída de las flores y - por lo tanto una cantidad muy pequeña y frutos raquíuticos, de -- aquí se desprende la importancia de determinar periódicamente el consumo de las sales o elementos nutrientes y más aún, la reposición de dichas sales.

Para lograr un control mas o menos bueno, es necesario desarrollar un método de análisis que nos proporcione el consumo de cada elemento en particular; lo anterior es posible aplicando una técnica analítica para cada elemento, en la cual no interfieran los demás o mejor dicho deben emplearse reacciones específicas para cada elemento. En el caso de los elementos: Nitrógeno, Fósforo y Hierro, se cuentan con métodos colorimétricos específicos en los cuales no intervienen ninguno de los otros elementos; para el Calcio, Magnesio y Azufre, se cuenta con técnicas volumétricas; dichos procedimientos y las reacciones en las que están basados, se describen con detalle para cada elemento en las páginas siguientes:

NITROGENO

Este elemento se encuentra en las soluciones o caldos nutritivos en dos formas; en la forma de nitrato como ión y en la forma de amonio como catión, pero para simplificar el análisis de los caldos nutritivos, se procuró alimentarlo en forma de nitratos, como nitrato de calcio y nitrato de potasio, para valorar la cantidad de nitrógeno en forma de anión nitrato, se utiliza la reacción de Peter-Gries; dicha reacción es específica para nitritos, pero -- existe una modificación de la reacción para nitratos, dicha modificación consiste en agregar además de los reactivos; que son ácido sulfanílico y alfa naftil amina disueltos en ácido acético; - polvo de zinc o granalla de zinc, con la finalidad de que el zinc al reaccionar con el ácido acético de los reactivos, produzca hidrógeno nascente, el cual reducirá a los nitratos a nitritos.

Reactivos:

- a) Acido sulfanílico.- Se disuelven 8g de ácido sulfanílico en un litro de ácido acético 3 N (densidad: 1.041).
- b) Alfa-naftil amina.- Se disuelven 5g de Alfa-naftilamina en un litro de ácido acético 3 N.
- c) Solución tipo de Nitritos.- Se disuelven -- 1.1g de Nitrito de Plata en agua destilada-hirviendo y se le añade una solución de cloro de sodio al 5% en exceso, para precipitar toda la plata como cloruro, se deja enfriar y se lleva el volúmen hasta 1000 ml -

con agua destilada. Se deja sedimentar el precipitado, se toman 100 ml de la solución y se llevan a 1000 ml con agua destilada. 1 ml equivale o contiene 5 microgramos de Nitrógeno.

Método.- Se pone en un tubo de Nessler 50 ml de la muestra a determinar. Al mismo tiempo se preparan soluciones tipo de nitritos, que contengan: 0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 1.0, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0, 2.5, etc. ml de la solución tipo y se diluyen a 50 ml con agua destilada. Se añade a cada tipo 1 ml de solución de ácido sulfanílico y 1 ml de solución de alfa-naftilamina, a la solución problema se le agrega además el polvo de zinc o la granalla de zinc.

Al cabo de 20 minutos se comparan los colores y se hacen los cálculos de acuerdo con los tipos.

Nitrógeno amoniacal por el método Nessler:

Reactivos que se preparan con agua libre de amoníaco:

co:

- a) Solución de Sulfato de Cobre al 10%
- b) Hidróxido de sodio o de potasio al 50%
- c) Disolución tipo de Cloruro de Amonio.- Disolver 3.28g de Cloruro de amonio en un litro de agua libre de amoníaco y diluir 10 ml de ésta solución a 1000 ml con agua libre de amoníaco. 1 ml equivale a 10 microgramos de nitrógeno.
- d) Reactivo de Nessler.- A 150g de Ioduro de potasio y 10g de iodo metálico en un matraz de 250 ml, se añaden 10 ml de agua y un exceso de mercurio metálico.

lico; de 14 a 15g; se agita vigorosamente de 7 a 14 minutos (reacción exotérmica) y cuando el color del I_2 se vuelve pálido, se enfría en agua corriente y se continúa agitando hasta coloración verdosa del complejo.

Se decanta la solución del mercurio en exceso; se lava con agua destilada, y se diluye con agua destilada a 200 ml. Mezclense 350 ml de una disolución de NaOH al 10% con 75 ml de Ioduro doble y 75 ml de agua destilada.

Método.- Si el agua tiene color, en un matraz aforado de 100 ml se ponen 50 ml de la muestra y un volúmen igual de agua destilada libre de amoníaco y se agregan unas gotas de la disolución de $Cu SO_4$. Después de agitar perfectamente se añade 1 ml de la disolución alcalina b) y se deja en reposo unos minutos, con lo que se forma un presipitado y un líquido incoloro que sobrenada.

Si el agua no tiene color no se efectúa el proceso anterior, se preparan soluciones tipo en tubos de Nessler, conteniendo los siguientes volúmenes de la solución tipo de cloruro de amonio: 0.0, 0.1, 0.5, 0.7, 1.0, 1.4, 1.7, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0 ml diluyendo a 50 ml con agua libre de amoníaco.

A los tubos tipo y a una alícuota del agua llevada al mismo volúmen de 50 ml se le añade 1 ml del reactivo de Nessler. Al cabo de 10 minutos de reposo se comparan los tubos tipo con el problema y se hacen los cálculos de acuerdo con los tipos.

FOSFORO

El método para cuantear fosfatos está basado en la formación de ácido fosfomolibdico mediante la reacción de molibdato de amonio con el fosfato presente en el agua. Después el ácido fosfomolibdico es reducido por el ión estanoso, para producir un complejo de color azul, la intensidad de la coloración azul es proporcional a la cantidad de fosfato presente.

Reactivos necesarios:

- a) Solución de molibdato de amonio al 20%
- b) Cloruro estanoso (cristales)
- c) Disolución tipo de Fosfato de potasio monobásico.

Se pesan 21.94 g de fosfato de potasio monobásico, los cuales se colocan en un matraz aforado de un litro y se llena con agua destilada hasta la marca.

Un mililitro de ésta solución equivale a 5 mg de fósforo.

Método.- Se pone en un tubo de ensayo 50 ml de la muestra a determinar. Al mismo tiempo se preparan soluciones tipo de fosfato que contengan 0.1, 0.5, 0.7, 1.0, 1.2, 1.5, 1.7, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5 etc. mililitros de la solución tipo y se diluyen a 50 ml con agua destilada.

Se agrega a cada tipo y a la muestra a determinar, 10 ml de la solución de molibdato de amonio y además un cristal de cloruro estanoso; se esperan de cinco a diez minutos y se compara la muestra contra los tipos; a continuación se hacen los cálculos correspondientes.

AZUFRE

El azufre es alimentado en forma de sulfatos, ya sea de magnesio o de amonio, por lo tanto el consumo de azufre se puede medir - cuanteando los sulfatos:

Método gravimétrico con cloruro de bario

Reactivos:

- a) Solución de cloruro de bario al 10%
- b) Acido clorhídrico concentrado y ácido sulfúrico 1:5

Método.- Se calienta a ebullición en un vaso de precipitados - una muestra de 100 a 500 ml de agua, con unas gotas de ácido clorhídrico concentrado, se añade poco a poco y agitando 5 ml de la solución de cloruro de bario; se deja en reposo y se filtra en - papel filtro para sulfato de bario de cenizas conocidas. Se lava el precipitado hasta que las aguas de lavado no den reacción con una gota de ácido sulfúrico diluído. Se calcina a 800°C hasta peso constante y se pesa en una balanza analítica.

Cálculos:

$$SO_4 = \text{masa del } BaSO_4 \text{ en mg} \times \frac{SO_4}{BaSO_4} \times \text{dilución} = \text{ppm}$$

$$\frac{\text{ppm}}{48} = \text{epm } SO_4$$

Método Volumétrico con versenato disódico.

Reactivos:

- a) Solución de versenato disódico: 1 ml = 1 mg de -
CaCO₃
- b) Solución de cloruro de magnesio: 1 ml = 1 mg de -
CaCO₃
- c) Solución reguladora: NH₄OH + NH₄ Cl
- d) Solución de cloruro de bario: 1 ml = 0.96 mg de -
BaSO₄

- e) Indicador: eriocromo negro T (0.5% en trietilamina o 0.5% en mezcla sólida con cloruro de sodio)

Método.- Una muestra de 50 a 100 ml de agua (acidificada con un ligero exceso de HCl) se calienta para eliminar el CO_2 y en caliente se agregan 10 ml de la solución de cloruro de bario, para precipitar los sulfatos y que quede un ligero exceso, se enfría y se agrega 1 ml de la solución reguladora, 2 gotas de eriocromo negro T o una pizca de la mezcla sólida. Se titula con el versenato disódico hasta vire del indicador de color vino azul y se retitula por retroceso con la solución de cloruro de magnesio hasta obtener nuevamente el color vino.

Los mililitros gastados de versenato serán la suma de la dureza total del agua más el exceso de cloruro de bario que se agregó para la precipitación de los sulfatos.

Cálculos:

A = ml. de versenato empleados en la determinación de la dureza total

B = ml. de cloruro de bario añadidos para precipitar los sulfatos

C = ml. de versenato usados en la titulación de la dureza y el exceso de cloruro de bario

D = ml. de cloruro de magnesio empleados en la titulación por retroceso.

$(A + B + D) - C = E$ ml. de cloruro de bario que precipitaron los sulfatos

$\text{SO}_4 = E \times 0.96 \times \text{dilución} = \text{ppm}$

$\frac{\text{ppm}}{48} = \text{ppm de SO}_4$

HIERRO

Como ya se mencionó anteriormente, el hierro se suministra a los cultivos en forma de cloruro férrico, por lo tanto el cuanteo del hierro se fundamenta en la propiedad del ión férrico de reaccionar con el sulfocianuro de potasio para formar un ión complejo.



La reacción es reversible, así que la adición de exceso de reactivo aumenta la sensibilidad del ensayo. Con éste reactivo puede reconocerse hasta una parte de hierro en un millón seiscientas mil partes de agua. Se puede aumentar la sensibilidad de éste ensayo si se añade un poco de éter puro y se agita, el éter extrae el complejo formado y así lo concentra.

Reactivos:

- a) Solución al 10% de Sulfocianuro de potasio
- b) Disolución tipo de cloruro férrico. Se pesan 2.906g de cloruro férrico y se colocan en un matraz aforado de un litro, el cual se llena hasta la marca con agua destilada. Un mililitro de ésta solución contiene un miligramo de Hierro.

Método.- Se pone en un tubo de ensayo 50 ml de la muestra a analizar. Al mismo tiempo se preparan soluciones tipo de cloruro férrico, que contengan 0.0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0, 1.1, 1.5, 1.7, 2.0, 2.5, 3.0 etc., ml de la solución tipo y se diluyen a 50 ml con agua destilada. Se añaden 10 ml de la solución de sulfocianuro de potasio; se esperan 5 minutos y luego se compara la coloración de la muestra con los tipos y se hacen los cálculos necesarios.

Esta determinación es posible gracias a que el complejo formado por el hierro es de coloración rojo oscuro.

CALCIO Y MAGNESIO

La determinación cuantitativa del calcio y el magnesio se pueden hacer, empleando un método complejométrico que ha demostrado ser el que ofrece mayor facilidad para su reproducción. Consiste en determinarlos conjuntamente empleando ácido etilen-diamino tetraacético; para lo cual es necesario como primer paso preparar la solución de éste reactivo y valorarla en caso necesario.

Preparación de la solución 0.01 M de EDTA.

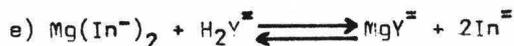
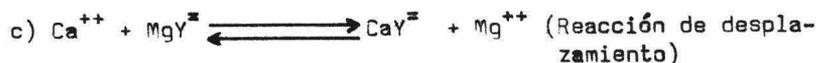
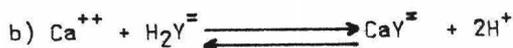
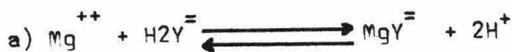
Generalidades:

El ácido etilen-diamino tetra-acético (EDTA, comunmente representado en las ecuaciones como H_4Y), o mas frecuentemente su sal disódica (Na_2H_2Y), encuentran una amplia aplicación como reactivo analítico en la formación de complejos con la mayoría de los cationes, excepto los alcalinos. Entre los pocos agentes complejantes que forman compuestos de estequiometría bien definida, la mas notable excepción es el EDTA, ya que éste forma complejos en una relación 1 a 1 con los cationes, no importa cual sea su valencia, (grado de oxidación).

Fundamento del Método.-

La solución 0.01 M de la sal disódica de EDTA se puede preparar pesando exactamente 3.722g de la sal disódica dihidratada, bastando disolverla en agua destilada (a temperatura ambiente) y completar a un litro, en un matraz aforado para obtener la citada solución 0.01 M.

Cuando no se disponga de sal de pureza de reactivo analítico será necesario valorar la solución de acuerdo con las siguientes reacciones y procedimiento:



Rojo

Azul

Solución 0.01 M de la sal disódica del EDTA, solución reguladora pH 10- se disuelven 68g de cloruro de amonio en 200 ml de agua, se agregan 570 ml de amoníaco concentrado y se completa a un litro con agua, solución-standard de calcio (se disuelve 1.00g de carbonato de calcio puro en la mínima cantidad de ácido clorhídrico, se alcaliniza ligeramente la solución con amoníaco y se completa a un litro, con agua en un matraz aforado), indicador de eriocromo negro T (se mezcla 1g del indicador con -- 100g de cloruro de sodio, moliéndolos juntos hasta polvo fino), solución de cloruro de magnesio 1g/100 ml.

Procedimiento:

Se toma una alícuota de 25 ml en un erlenmeyer, se agregan 25 ml de -- agua, 5 ml de la solución reguladora, 125 mg aproximadamente del indicador y dos gotas de la solución de cloruro a magnesio. Se titula con solución 0.01 M de EDTA hasta cambio de color rojo vino a azul. La solución no debe quedar de color púrpura. Hágase una prueba testigo con todos los reactivos, excepto la sal de calcio.

Nota.- La solución de cloruro de magnesio se hace para hacer mas fácilmente perceptible el punto final de la titulación.

Cálculo de la molaridad.-

$$M = \frac{\text{g CaCO}_3 \times \text{alícuota}}{(V_T - V_B) \times \text{Mmol} \times \text{aforo}}$$

$$\text{Mmol} = .100 (\text{CaCO}_3)$$

V_T = Volúmen de EDTA para la titulación

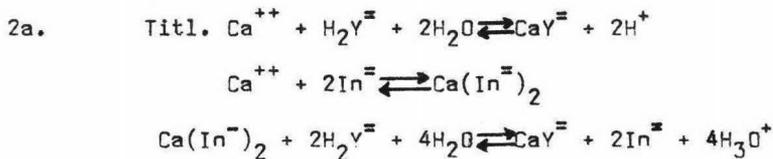
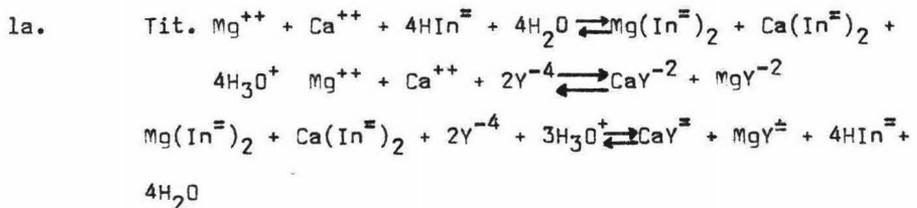
V_B = Volúmen EDTA para el testigo.

DETERMINACION DEL CALCIO Y MAGNESIO EN LA SOLUCION NUTRITIVA.

Fundamento:

Primero se lleva a cabo la determinación conjunta de Ca y Mg con EDTA en presencia de ENT y en otra muestra se determina sólo calcio en presencia del indicador calceína ya que el magnesio no reacciona con la calceína.

Reacciones:



Procedimiento:

Se toma una parte alícuota de 25 ml de un aforo previo de 100 ml - se le agregan 10 ml de solución reguladora y cuatro gotas de indicador y se titula con EDTA hasta que la muestra pase del color rojo vino al azul.

En otra parte alícuota de 25 ml se agregan 10 ml de solución de sosa y 10 mg de calceína y se titula con solución de EDTA, hasta cambio del verde fosforescente a color rosado (desaparece la fosforescencia).

Cálculos:

La dureza del agua se reporta en términos de carbonato de calcio.

$$\frac{\text{Mg CaCO}_3}{1} = \frac{V_{\text{EDTA}} \times M \times \text{mol CaCO}_3 \times 100 \times 1000}{25 \times 10}$$

$$\frac{\text{Mg}}{1} \text{MgCO}_3 = \frac{(V_1 - V_2)M \times \text{mol Mg CO}_3 \times 100 \times 1000}{25 \times 10}$$

Nota.- Los resultados obtenidos corresponden a partes por millón.

POTASIO

Este elemento es de principal importancia para las plantas, pues su carencia ocasiona trastornos bastante graves como son el enanismo, - desecación y muerte de las hojas y la producción de frutos raquífticos. Sin embargo es el elemento que mas dificultades presenta para su determinación cuantitativa debido a lo laborioso de los procedimientos gravimétricos y a lo complicado de los métodos fotométricos; dicha complicación estriba en que se hace necesario el empleo de - aparatos complicados y costosos.

Obtención de una mezcla de los cloruros sólidos.

En el caso general, el sodio y el potasio se transforman conjunta - mente en cloruros sólidos, después de eliminados los demás cationes. Los metales pesados y el magnesio se precipitan en forma de óxido - hidratado con un exceso de óxido de calcio. Del extracto acuoso se separa el calcio por precipitación con carbonato y oxalato amóni - cos. El filtrado se evapora a sequedad y se calcina fuertemente pa - ra descomponer las sales amónicas y el oxalato. El residuo humede - cido con ácido clorhídrico, se calcina de nuevo, se enfría y se pe - sa la mezcla NaCl + KCl.

Puede terminarse el análisis por vía gravimétrica de tres formas di - ferentes: (1) Por un método indirecto, en el que los cloruros des - pués de pesados se transforman en una mezcla de sulfatos o en cloru - ro de plata que se pesan; (2) determinación directa del sodio ó po - tasio y cálculo del elemento nodeterminado por diferencia a partir - del peso de la mezcla de cloruros; (3) determinación directa de so - dio y de potasio.

Determinación indirecta.

La mezcla pesada de los cloruros se trata con ácido sulfúrico, compa - rando el acceso de ácido y calcinando el residuo a 400-800°C pesando

la mezcla obtenida, $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4$. También pueden disolverse los cloruros y precipitarse en forma de cloruro de plata, que se pesa después en la forma usual.

DETERMINACION DEL POTASIO

Método del Cloroplatinato.- Se añade a la mezcla de cloruros, disuelta en un poco de agua, ácido cloroplatínico, H_2PtCl_6 , en exceso respecto a la cantidad necesaria para convertir ambos cloruros en los correspondientes hexacloroplatinatos, K_2PtCl_6 y Na_2PtCl_6 . Se evapora la mezcla hasta que se solidifique por enfriamiento, - la mezcla de cloroplatinatos sólidos se trata con etanol al 80%, - que extrae al compuesto de sodio y lo separa del potasio. El sólido residual se deseca a 100-130°C y se pese el K_2PtCl_6 .

Método del Perclorato.- La mezcla de cloruros se disuelve en un pequeño volumen de agua, se añade ácido perclórico (70-72%) y se evapora la mezcla a séquedad en una placa de calefacción. Los percloratos sólidos se extraen con una mezcla 1:1 de n-butanol y acetato de etilo, que disuelve solo al perclorato sódico. El perclorato de potasio se separa en un crisol filtrante (¡No en papel!), se lava con la mezcla de disolvente, se deseca durante unos minutos en una estufa y se calienta unos minutos a 350°C en una mufla y se pesa en forma de $KClO_4$.

Método del Tetrafenilboro.- El sodio tetrafenilboro $NaB(C_6H_5)_4$, - es soluble en agua y en ácidos diluidos, pero el compuesto potásico análogo es insoluble. El reactivo ofrece varias características que lo hacen mas adecuado para la determinación del potasio.

- (a) La solubilidad del $KB(C_6H_5)_4$ es mucho mas pequeña que la del K_2PtCl_6 y $KClO_4$.
- (b) El único catión que interfiere es el mercurio II
- (c) El precipitado se deseca con bastante facilidad a 100-120°C.

- (d) El pequeño factor gravimétrico lo hace particularmente adecuado para la microdeterminación del potasio.
- (e) Se han establecido métodos volumétricos para efectuar la valoración del precipitado.

DETERMINACION ESPECTROFOTOMETRICA

El sodio y el potasio pueden determinarse con mucha rapidez y exactitud por fotometría de llama (de emisión), o por espectrofotometría de absorción atómica. En fotometría de llama la muestra en disolución, generalmente en forma de cloruro por su mayor volatilidad, se atomizan en una llama oxhídrica u oxiacetilénica. La energía radiante de la llama se hace pasar por un espectrofotómetro con un monocromador dispuesto a la longitud de onda de la línea de emisión característica del elemento en cuestión: 589 milimicras para el sodio, 767 milimicras para el potasio. Se mide fotoeléctricamente la intensidad de la energía radiante, por calibración con cantidades conocidas del elemento que se analiza, se puede obtener el resultado del análisis.

En espectrofotometría de absorción atómica, la fuente de emisión es un cátodo hueco que contiene el elemento a analizar, que emite energía radiante de longitud de onda característica de dicho elemento. La muestra se atomiza en una llama, en la cual los átomos de elemento evaporizado absorben la radiación característica de la fuente de radiación; la disminución de la intensidad de la radiación, a que da lugar la absorción por la muestra, y una calibración con cantidades conocidas del elemento a determinar, permiten verificar el análisis.

V.- INSTALACIONES, ALIMENTACION Y MANTENIMIENTO.

En nuestras experimentaciones utilizamos tres diferentes tipos de camas hidropónicas. A pequeña escala se usaron tinas de plástico de 60cm. de largo por 50 de ancho y 17 de profundidad; en una arista inferior se hizo un orificio para drenaje, se le agrego arena hasta una altura de 15cm. Dos recipientes de un galón de volúmen fueron necesarios, uno como alimentador y otro como recolector, la alimentación se realiza en forma regular y así, después de varias pruebas se decidió que fuera cada 8 horas e inundando la tina. En el caso de que la arena fuese muy porosa como en el tezontle, se podía alimentar con menos frecuencia.

La experiencia nos demostró que para areas tan pequeñas como las cajoneras mencionadas, no debía de sembrarse más de una planta por tina ya que la competencia de raíces presente era muy perjudicial. Por ser el volúmen de solución pequeña, era factible el uso de soluciones nutritivas preparadas y aplicadas cada semana, ya que un análisis químico cuantitativo para tan pequeño volúmen no era conveniente; en último caso se aplicó análisis cuantitativo colorimétrico, para tener una idea general de consumo y teniendo soluciones patrón para rápida comparación. Fué en éstas tinas donde se hicieron pruebas con diferentes concentraciones y de diversos tipos de arena (silícica de mina y tezontle), decidiéndose que la más recomendable es aquella de grano pequeño y gran porosidad. Con la experiencia adquirida en pequeña escala, se diseñaron tinas hidropónicas de mayor área.

La fabricación e instalación de las tinas de mayores dimensiones fueron realizadas en Putla, Oax., y aprovechando las ventajas de -

materiales que ofrece el lugar. Así pués se optó por hacerlas de madera y con las siguientes longitudes: larzo 3.50m. de ancho .60m. profundidad .70m.

Se unieron las láminas de madera con clavos y sostenida la cama sobre tres pilares de tabiques, tenía una inclinación de 5° aproximadamente.

La impermeabilización se hizo con tiras de polietileno y chapopo - te. Se sometieron a una prueba hidrostática y en las pequeñas fugas se añadió más impermeabilizantes. Ya una vez comorobada la - ausencia de goteras se perforo un orificio de desagüe y se acopló - una unión metálica a donde se conecto una manquera plástica de una oulgada de diámetro interno.

Posteriormente se lleno la tina con arena de rio hasta una altura de 60cm. ésta arena había sido cernida y lavada con anterioridad. Nuevamente se hizo la prueba hidrostática para confirmar que el peso de la arena no había tensionado las uniones impermeabilizadas. Cuando la madera se humedecio aumento su volúmen y así fué mayor la presión de unión. Por otro lado, se adquirió un tanque de asbesto para almacenamiento de 200 lts. de volúmen, que se colocó a un metro de altura sobre el nivel de las camas para que así, por simple gravedad, fuera posible el riego.

A éste tanque se le acondiciono un tubo que se trifurcaba por medio de tuberias en T y así poder aprovechar un sólo tanque para abastecer las 3 camas de madera construídas. En el otro extremo de las camas se perforo el suelo para construir una cisterna del mismo volúmen que el tanque alimentador. Esta cisterna funciona como tanque recolector. Para recircular la solución de la cisterna al tanque alimentador, se instaló una moto-bomba eléctrica de un cuarto caballo, que por medio de tubería de plástico descargaba en el tanque. El anclaje de la bomba se hizo sobre un bloque de madera firmemente asído al suelo por medio de pernos.

El área de cultivo con la que se cuenta con las tres camas de madera es de 6.30 mts.² y la de las camas pequeñas de plástico de .30 mts.² por tina. Para tener una mejor base de extrapolación a gran escala, se procedio a la construcción de camas más grandes y tratando de hacerlas lo más económicas posible, sustituimos la madera por piedra y cemento, logrando así abatir el costo, ya que el lugar de las experimentaciones contaba con un patio pavimento y con un declive adecuado, además, en la zona existen montañas con piedra laja; esta piedra presenta la ventaja de poder ser cortada en láminas de 5cm. de ancho aproximadamente y de área al gusto, ade

más el corte es sencillo acomodando las láminas de laja apropiadamente y unidas con cemento se construyeron camas de 6m. de largo - por 1m de ancho y .50m. de profundidad; impermeabilizado posteriormente con chapopote. Dos camas de piedra fueron construidas alcanzándose un área de cultivo de 12mts.²., apropiada para la experimentación a escala mayor. También aquí, el medio de sustentación de las plantas fué arena de río. Se hizo necesario la perforación del suelo para hacer una cisterna de mil litros de volúmen, para poder satisfacer las necesidades de éstas camas. El ya anteriormente mencionado tanque de 200 litros siguió funcionando como alimentador gracias a la moto-bomba que cumple con el gasto requerido.

En el capítulo 4 se menciona la concentración usada de sales. Con el fin de ahorrar agua, en la cisterna recolectora se recupera el volúmen de agua original y después del análisis cuantitativo se determina la cantidad de sales que se tiene que agregar a la cisterna para mantener la concentración. El análisis se realiza 2 veces a la semana y de acuerdo con éste se agregará igual número de veces las sales nutritivas que la planta haya consumido. En caso de deficiencias notables, se variará este aumento específico según el caso. La alimentación en las tinajas de mayor área se hará cada 8 horas.

En días sumamente calurosos, cuando la evaporación es muy grande, se hace el riego 4 veces al día y se recupera el volúmen de agua - 2 veces al día.

Es recomendable revisiones periódicas al equipo para determinar y corregir cualquier fuga. En realidad el problema de incrustaciones en la tubería casi no se presenta, ya que la concentración no-

excede los 3gr. por litro y las sales utilizadas son muy solubles, aunque si es aconsejable un filtro al final de las camas para evitar el peligro de acarreo de granos de arena hacia la cisterna. Cualquier otra impureza es filtrada de antemano al pasar por el medio filtrante que es la arena.

Generalmente las instalaciones hidropónicas se realizan en invernadero ó sea bajo techo. Esto puede no ser necesario, si las instalaciones se encuentran en zonas desérticas, ya que el techado lleva como fin primordial impedir que la lluvia afecte la concentración de la solución alimenticia, ya que es sumamente perjudicial a las plantas hidropónicas. En Putla Oax., la precipitación pluvial es muy alta, por lo que fué necesario improvisar un techado, ya que el costo de un invernadero cerrado es muy grande. El techado se hizo de polietileno soportado por una estructura sencilla de varas y carrizo, que cumple satisfactoriamente con su cometido de impedir que la lluvia caiga sobre las camas y la cisterna recolectora. Insistiendo, que si la instalación se realiza en zona desértica de mínima precipitación pluvial se puede pasar por alto el techado ó bién el invernadero. No obstante, lo ideal para el método será contar con invernadero, para control de lluvias y temperatura involucrando por ende una menor pérdida de agua por evaporación, aunque luego, ésto significa un aumento considerable del costo de instalación.

En caso de ser necesario al final de cada cosecha se debe realizar un lavado de la arena, preferentemente con ácido muriático y abundante agua, eliminando así futuras contaminaciones provenientes de la outrefacción de las raíces muertas de cultivos anteriores y la capa superficial de moho que siemore se forma e impide una correc-

ta aereación de las raíces.

Si se sufre la invasión de plagas, se procederá a atacarlas según el tipo de las mismas, y así tenemos como en nuestro caso - el ataque de la chinche ó piojillo y el pulgón que por medio del insecticida PARATION METILICO AL 80% fué eliminado. Estas fumigaciones no debe de hacerse más de 2 veces por temporada de cultivo. Si la plaga no es aerea sino dentro de la arena, desgraciadamente se debe de suspender el cultivo y a la arena contaminada ó plagada se hace un lavado con ácido como anteriormente se indicó. No obstante ésta posible pérdida el método es mejor que el cultivo de tierra, puesto que después del lavado de la arena esta se encuentra perfectamente libre de una plaga semejante, mientras que por el medio tradicional, la tierra queda contaminada, siendo muy difícil su rehabilitación. Podríamos poner por ejemplo el gusano rosado del algogón que causa enormes pérdidas en el norte del país.

SIEMBRA E INSPECCION

Como anteriormente se dijo la siembra puede ser realizada en almacijos ó bien directamente sobre las camas ya instaladas. Por comodidad y economía se usó la segunda forma, y así la semilla de tomate seleccionada (Culiacán 1 y Culiacán 201) obsequiada gentilmente por la Productora Nacional de Semillas (PRONASA) de la Secretaría de Agricultura y Ganadería y la del chile serrano obtenida de cultivos anteriores de la zona de Putla, se sembró el día 20 de abril de 1971 y realizándose la cosecha a partir del día 25 de julio del mismo año.

Para el mantenimiento e inspección de los cultivos hidropónicos, sólo es necesaria una persona, siendo una gran ventaja desde el-

punto de vista económico. Es importante que al realizar el diseño y distribución de las camas, el tomar en cuenta los pasillos de acceso para inspección y recolección.

El análisis de las hojas es interesante para comprobar síntomas de deficiencia ó exceso que puede presentar.

El productor de plantas hidropónicas, aprende por experiencia a conocer por el aspecto de las mismas lo que éstas necesitan.

Una cuidadosa observación permitirá apreciar por la apariencia de las plantas que elementos deben aumentar ó disminuirse.

VI.- EVALUACION ECONOMICA.

El proyecto de instalación hidropónica se hará en base a un terreno de una hectárea, localizada en el Valle del Mezquital, que es una zona árida con terribles problemas de desnutrición entre sus habitantes. Supondremos la posibilidad obtener los elementos de infraestructura necesarios, tales como agua (depozo), energía eléctrica, comunicaciones, etc. El terreno por estar situado en zona de sértica es de bajo precio e inclusive, es posible tramitar ante las autoridades estatales ó federales, su derecho de propiedad.

Las dimensiones ideales del terreno son 125mts. de largo, por 80mts de ancho. Se construirán 130 camas hidropónicas de 24 mts². de área de cultivo cada una. Las medidas de las camas es: 12mts. de largo por 2 de ancho y 0.5mts. de profundidad. Entre cama y cama debe haber un espacio de 1 metro para tener acceso a cada planta, y poder realizar las labores de inspección, fumigación y cosecha. De los 6,080mts² que ocupa la zona de cultivo 3120 corresponden a las tinas y 2960 a los pasillos de acceso.

Las tinas ó camas hidropónicas diseñadas constarán de un firme pulido de concreto, muros de tabique y para mayor resistencia una cadena de concreto con dos varillas de acero corrugado de 3/8" y estribos de 1/4", en la parte superior del muro. Una impermeabilización inicial será el impermeabilizante integral al concreto del firme, como al aplanado pulido del tabique.

La cisterna de 300 mts³, de volúmen, 15 mts. de largo por 10 de ancho y 2 mts. de hondo, la tapa de losa de concreto armado, muros de tabique aplanado fino, firme pulido en el cual se contará con un camo de 30 x 30cm. para limpieza de cisterna y succión de la bomba.

Para reforzado de muros y recibiendo la carga de la loza, dos - columnas de 20 x 20cm. y traveses de 20 x 40.

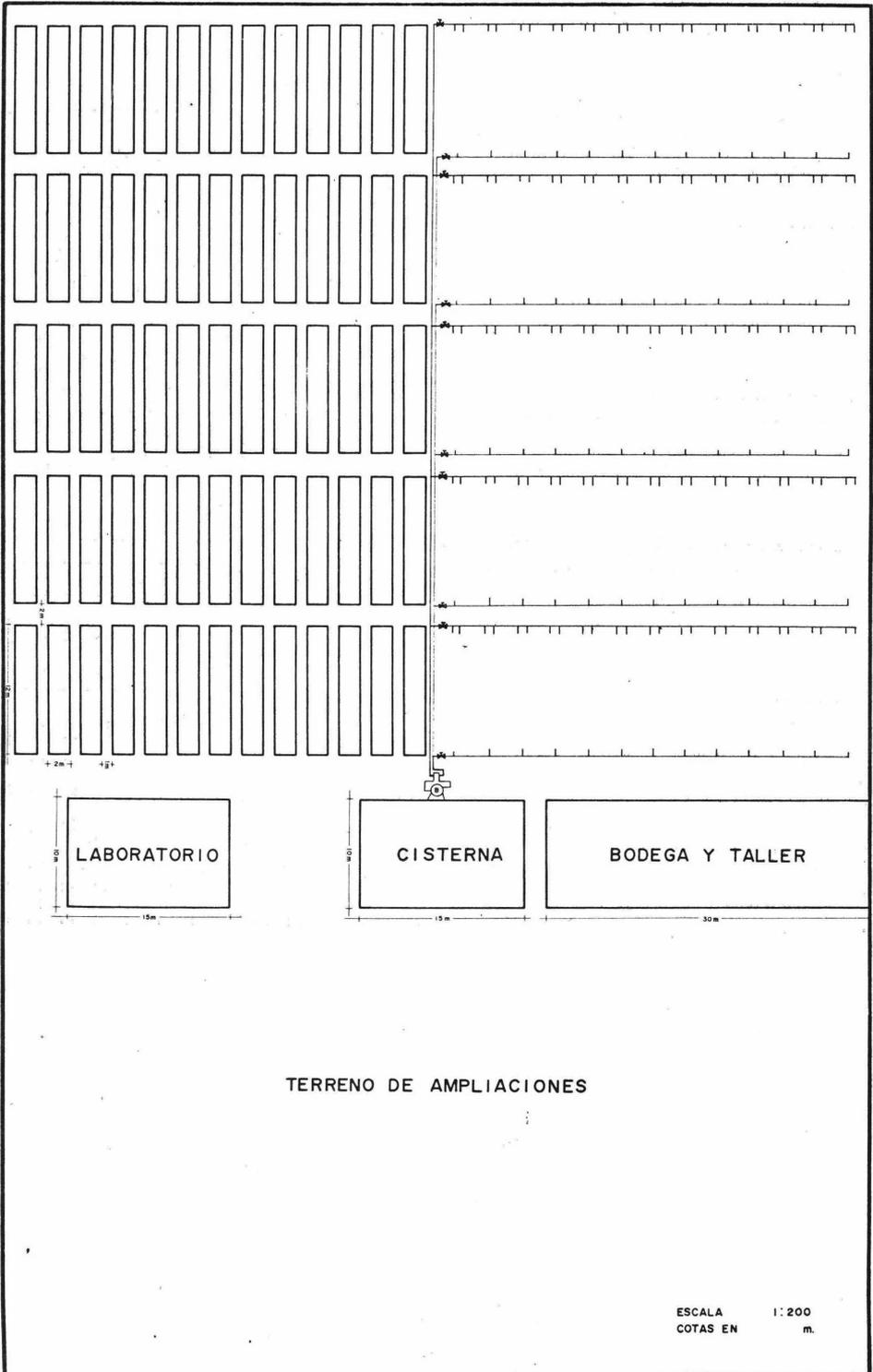
Tanto la bodega como el laboratorio de 300 y 150 mts² respectivamente, serán de muros de tabique aparante y techo de asbesto-sobre estructura metálica.

Una moto-bomba eléctrica de 3HP descargará por medio de tubería de acero de 3.5" de diámetro, un flujo de 39 mts³, por hora y así satisfacer la alimentación de las camas en menos de 24 horas.

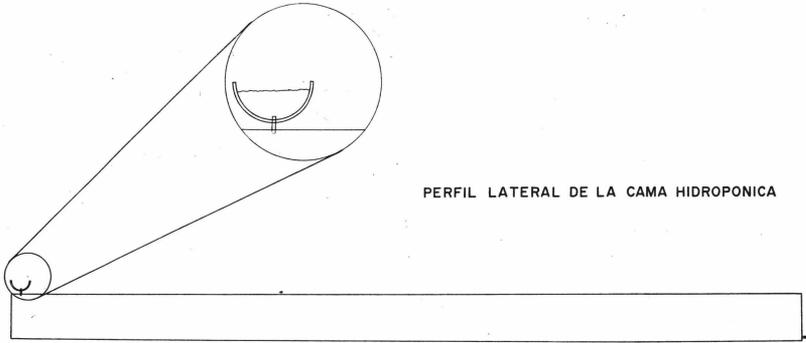
Tomando en cuenta que las pérdidas por fricción serían muy grandes si toda la alimentación se hiciera por medio de tuberías, - se decidió que por medio de canales se hiciera la distribución a las camas; esto significa que para alimentar la cama mas alejada de la bomba, el flujo irá por tubería los 76mts, que hay - de la cisterna a la cabeza de la cama, de ahí por gravedad, el agua caerá en un canal de asbesto de 30cm. de diámetro, con perforaciones a cada metro, en las cuales se introducirá un pequeño tubo de 5cm. de diámetro, que deberá sobresalir de la parte inferior del canal 2cm. con el fin de que la alimentación sea - uniforme a todas las camas, ya que empezará a caer sobre estas - hasta que el nivel de la solución en el canal alcance los 2cm.- de altura de los tubos alimentadores. Nos permitimos así ahorrar energía que consumiría la bomba, ahorro económico pues usamos canales de concreto, que son mucho más baratos que la tubería de acero. Además, todas las camas recibirán la misma cantidad de alimentación.

El desagüe por gravedad se hará en tubería de acero de 1" hasta desembocar en una tubería central de cemento ó albañal de 4" de diámetro. El ingreso a esta tubería es por medio de registros.

PROYECTO DE INSTALACION HIDROPONICA

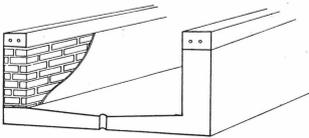


DETALLES DEL DISEÑO DE LAS CAMAS HIDROPONICAS

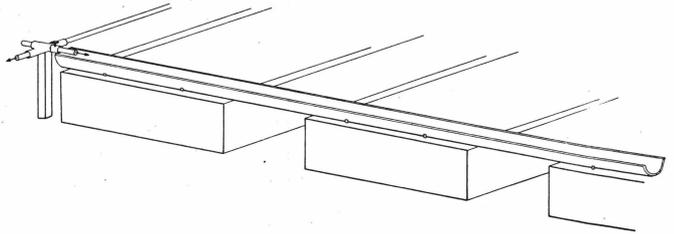


PERFIL LATERAL DE LA CAMA HIDROPONICA

CORTE TRANSVERSAL DE LA CAMA HIDROPONICA



DETALLES DE LA INSTALACION DE RIEGO



C O S T O SCostos de Instalación:

	<u>Precio Unitario</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Total</u>
Costo de construcción/cama:			
Cadena concreto (varilla)	\$ 25.00/m	28 m	\$ 700.00
Muros (tabique)	40.00/m ²	14 m ²	560.00
Firme pulido (concreto)	30.00/m ²	24 m ²	720.00
			\$ <u>1,980.00</u>
Costo de construcción de 130 camas			\$ 257,400.00 =====

Costo de construcción de cisterna de 300M³ de capacidad:

	<u>Precio Unitario</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Total</u>
Losa concreto (tapa)	\$ 150.00/m ²	150 m ²	\$ 22,500.00
Excavación	10.00/m ³	300 m ³	3,000.00
Muros (tabique)	40.00/m ²	100 m ²	4,000.00
Firme fondo	30.00/m ²	150 m ²	4,500.00
Aplanado y pulido (muros)	15.00/m ²	100 m ²	1,500.00
Trabes 20 x 40 cm.	85.00/m	35 m	2,975.00
Columnas 20 x 20 cm.	60.00/m	4 m	240.00

			\$ 38,615.00
			=====



Costo de construcción de bodega:

	<u>Precio Unitario</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Total</u>
Muro de tabique aparente y techo de asbesto sobre armadura metálica	\$ 500.00/m ²	300 m ²	\$ 150,000.00 =====

Costo de construcción de laboratorio:

	<u>Precio Unitario</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Total</u>
Muro de tabique aparente y techo de asbesto sobre armadura metálica	\$ 500.00/m ²	150 m ²	\$ 75,000.00 =====

Costo de tuberías y canales:

(Riego y desagüe)

	<u>Precio Unitario</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Total</u>
Tubería de acero galva-			
nizada			
3 1/2 ø	\$ 150.00/m	75 m	\$ 11,250.00
Tubería de acero galva-			
nizada			
1" ø	70.00/m	400 m	28,000.00
Tubería de cemento			
4" ø	6.00/m	67 m	402.00
Canales de lamina de			
asbesto 12" ø	45.00/m	400 m	18,000.00
Válvulas de globo			
3 1/2"	800.00 unidad	10 piezas	8,000.00
Válvulas de globo			
1"	200.00	10 piezas	2,000.00
Crucetas 3 1/2"	300.00	4 piezas	1,200.00
Conexiones en T			
3 1/2"	120.00	1 pieza	120.00
Conexiones en T			
1"	40.00	120 piezas	4,800.00
Conexiones codos L			
1"	40.00	10 piezas	400.00
Tuercas de Unión			
3 1/2"	100.00	11 piezas	1,100.00
Tuercas de Unión			
1"	30.00	58 piezas	1,740.00
Registros de tabique con			
tapa sellada, pulido	300.00	5 registros	1,500.00
			\$ <u>89,312.00</u>

	<u>Costo Unitario</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Total</u>
Fletes (acarreo de arena y material)			\$ 20,000.00 =====
Moto-bomba eléctrica 3 H.P.	3,000.00	2 bombas	\$ 6,000.00 =====
Material y equipos electricos			\$ 50,000.00 =====
Equipo de laboratorio y reactivos en general			\$ 25,000.00 =====
Costo de Instalación			711,327.00 =====

Costo de Alimentación:

Solución a base de sales Q.P.

Sal	Concentración (gr/lt)	Kg/300m ³	\$/ton	Total
KNO ₃	.980	264	\$ 8,000.00	\$ 2,150.00
KH ₂ PO ₄	.310	93	20,000.00	1,860.00
MgSO ₄	.260	78	3,000.00	234.00
(NH ₄)SO ₄	.280	84	2,800.00	235.00
CaNO ₃	.310	93	45,000.00	4,440.00
	<hr/> 2.040 gr/lt	<hr/> 612 Kg/300m ³		<hr/> \$ 8,919.00

Suponiendo:

Cada 20 días reposición total de sales y 180 días de cultivo:

$$8,919.00 \times 9 = \underline{\underline{\$ 80,271.00/\text{cosecha}}}$$

Costo de Alimentación:

Solución a base de fertilizantes y sales Q.P.

Fertilizante	Kg/300 m ³	\$/Ton	Total (\$)
KNO ₃	290	8,000.00	\$ 2,320.00
MgSO ₄	78	3,000.00	234.00
Ca(H ₂ PO ₄)·2H ₂ O + CaSO ₄ · 2H ₂ O (superfosfato triple)	180	1,700.00	306.00
(NH ₄) ₂ SO ₄	48	900.00	43.00
NH ₄ NO ₃	60	1,350.00	81.00
	<u>656Kg/300m³</u>		<u>\$ 2,984.00</u>

Suponiendo:

Cada 20 días reposición total de sales y 180 días
de cultivo:

$$\$ 2,984.00 \times 9 = \underline{\underline{\$ 26,857.80/\text{cosecha}}}$$

Costo de Producción/cosecha:

Costo Directo de Fabricación:

Materias Primas:

Semilla	\$ 300.00
---------	-----------

Sales y Fertilizantes	26,857.00
-----------------------	-----------

Otros Materiales:

Fumigación	1,000.00
------------	----------

Servicios:

Agua de Riego	5,000.00
---------------	----------

Electricidad	1,000.00
--------------	----------

	<u>34,157.00</u>
--	------------------

Costo Directo de Ventas:

Empaque:

Huacales	37,440.00
----------	-----------

Costo Directo Total:

	\$ 71,557.00
	=====

Gastos de Estructura:

Fabricación:

Mano de obra

(2 peones)

\$ 18,000.00

Laboratorista-Administrador

30,000.00

Otros:

Agua

500.00

Electricidad

4,800.00

Material

3,000.00

Mantenimiento:

Refacciones y Materiales

3,000.00

Otros

2,000.00

 \$ 61,300.00
 =====

Costo de Producción/cosecha:

 \$ 132,857.00
 =====

Ventas:

Precio unitario (incluyendo empaque).	\$ 3,400.00/ton
Volúmen	93.6 /ton/cose- cha
Valor	\$ <u>318,240.00</u>

Utilidad Bruta:

Utilidad Bruta = Ventas - Costos de Producción:

Ventas:	\$ 318,240.00
C.de P.	- 132,857.00
	<u>\$ 185,383.00</u>
Utilidad Bruta/cosecha:	\$ <u>185,383.00</u>

Suponiendo 2 cosechas al año:

$$\underline{\underline{\text{Utilidad/año} = \$370,765.00}}$$

$$\text{Utilidad como \% de Ventas} = \frac{\text{Utilidad B.}}{\text{Volúmen Ventas}} = \frac{370,766.00}{636,480.00} = 0.58$$

$$\text{Rotación Inversión} = \frac{\text{Ventas Netas}}{\text{Inversión to-}} = \frac{\$ 636,480.00}{\text{tal } 711,327.00} = 0.89$$

$$\text{Rendimiento sobre la Inversión (ROI)} = \text{Utilidad como \% Ventas} \\ \times \text{Rotación Inversión } \text{ROI} = 58\% \times 0.89 = \underline{\underline{51.62\%}}$$

$$\text{ROI} = \underline{\underline{51.62\%}}$$

CALCULO DE LA POTENCIA PARA ALIMENTAR EL DISTRIBUIDOR MAS LEJANO

$$Q = 175 \text{ G.P.M.}$$

DEL PERY pag 5-29 se obtiene el Diámetro Económico (D_e)

$$\text{con } \rho \approx 63 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \text{ y } Q = 175 \text{ G.P.M.}$$

$$D_e = 3 \frac{1}{2} \text{ in}$$

Accesorios: Un codo y una válvula de compuerta abierta

$$1 \text{ codo} = 20 \text{ ft}$$

$$1 \text{ Válvula} = 2 \text{ ft}$$

$$1 \text{ Tramo extra} = 1 \text{ ft}$$

$$L_T = L_{\text{tub.}} + L_{\text{acc.}} = 237 + 20 + 2 + 1 = 260 \text{ ft}$$

$$V = 5.86 \frac{\text{ft}}{\text{seg}}$$

$$\Delta P = 0$$

$$\Delta Z = 2.5 \text{ m} = 9 \text{ ft}$$

$$W_0 = \frac{\Delta P}{\rho} + \frac{V^2}{2g_c} + \Delta Z \frac{g}{g_c} + H_{fs}$$

$$H_{fs} = \frac{\Delta P_{100} L_T}{100} \times \frac{144}{\rho} ; \Delta P_{100} = 1.44$$

$$W_0 = \frac{5.68^2}{64.4} + 9 + \frac{1.44 \times 260}{100} \times \frac{144}{63} = 8.5 + 9 + 8.55$$

$$W_0 = 26.05 \frac{\text{ft}}{\text{lb}}$$

$$Q = 175 \text{ G.P.M.} = 23.4 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}}$$

Gasto en masa:

$$G = \rho \times Q \times 60 = 63 \times 23.4 \times 60 = 88,452 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

$$\text{Potencia: H.P.} = W_0 \times G \times \frac{1}{1.98 \times 10^6} = 1.16 \text{ H.P.}$$

Suponiendo $\eta = 40\%$

$$\boxed{\text{POTENCIA} = 3 \text{ H.P.}}$$

VII.- EFFECTO DEL ACIDO GIBERELICO

ACIDO GIBERELICO

" El ácido giberélico es un fitohormona que puede afectar el crecimiento de las plantas en muchas formas. La prueba más evidente de esta aseveración es el alargamiento del tallo y el pedúnculo de las hojas. Otros efectos espectaculares que pueden ser benéficos en algunas plantas, son los siguientes:

- 1.- Interrumpe el estado de latencia en la semilla de la papa.
- 2.- Favorece la ramificación de árboles y arbustos.
- 3.- Puede acelerar el crecimiento de la mayoría de las plantas.
- 4.- Adelanta la floración y ésta es mas uniforme.
- 5.- Aumenta la formación de frutos y evita su caída.
- 6.- Acelera la germinación de semillas y tubérculos.
- 7.- Incrementa la actividad enzimática en la malta.

INSTRUCCIONES:

Al asperjar el producto no hay necesidad de utilizar grandes volúmenes de agua, únicamente es necesario cubrir la planta con poca agua ó la parte de la planta que se desea estimular cuando así se indique.

CULTIVO	PPM	MOMENTO PARA ASPERJAR	EFEECTO
<u>FRESA:</u>			
En vivero	200	Antes de florear.	Promueve la formación de estolones y puede inhibirse la floración al repetir el tratamiento.
En producción	15-20	15 días después de iniciada la floración. Repitase al volver a florear.	Aumenta los rendimientos hasta un 60%.
<u>JITOMATE:</u>	15-20	Cuando la planta tiene de 8-10 inflorescencias.	Puede incrementar y adelantar la producción.
<u>CHICHARO:</u>	5	Uno o dos días antes de iniciarse la floración	Mayor crecimiento de la planta que permite más aeración y sanidad de las vainas. Se puede cosechar mecánicamente y el rendimiento aumenta en 50% aproximadamente.
<u>VID:</u>	20	Durante la floración, asperjando los racimos únicamente.	Aumenta el tamaño de la uva Thomson sin semilla. Los racimos son menos compactos y menos dañados por hongos.
<u>APIO:</u>	50	20-30 Días antes de cosechar.	El tamaño y el peso aumenta del 20 al 50%.
<u>PAPA:</u>	1	Antes de sembrar por inmersión de la semilla.	Interrumpe el estado de latencia, favorece la formación de tubérculos más uniformes y produce mayores rendimientos.
<u>CHILE:</u>	20	Al principiar la floración.	Mayores rendimientos -- 20-40%.
<u>CAFE:</u>	20	Asperjar las ramas con yemas florales bien desarrolladas.	Se logra una maduración uniforme y se reduce el número de cortes. La formación de frutos aumenta de 400 a 700%.
<u>CITRICOS:</u>	100-500	Al terminarse la floración y cuando los frutos están aún pequeños.	Aumenta considerablemente la cosecha.
En vivero	50	Al germinar asperjar las yemas terminales. Repitase a los 2-3 meses.	Se acelera el crecimiento en un 600% y forma 4-5 más ramas que el no tratado.

CULTIVO	PPM	MOMENTO PARA ASPERJAR	EFEECTO
<u>ALFALFA:</u>	50	De 10 a 15 días antes de cada corte, únicamente durante el invierno.	Aumenta el rendimiento de forraje verde del 15 al 30% y reduce el tiempo de corte a corte.
<u>CAÑA DE AZUCAR:</u>	50	Cuando las plantas son pequeñas.	Se acelera el desarrollo en un 200%.
<u>FRIJOL:</u>	5	Al iniciarse la floración.	Se incrementa el rendimiento aproximadamente en un 50%.
<u>ESPINACAS Y PEREJIL:</u>	50	Cuando la planta tiene de 3-4 hojas.	El tamaño de la planta y el peso aumentan en un 50-60%.
<u>MELON PEPINO: SANDIA</u>	15	2 a 3 días antes de florear.	Los frutos son más grandes. Mayor rendimiento.
<u>BERENJENA:</u>	25	Al principiar la floración.	Mayor producción en un 20-30%.
<u>CRISANTEMO:</u>	50	Dos semanas después de desarrollar raíces.	Planta más alta y se adelanta la floración.
<u>DALIAS:</u>	50	Asperjar los tallos.	La floración se adelanta como 10 días y los tallos son más gruesos.

Para mayor seguridad en la obtención de los resultados, se sugiere primero probar en cada región las dosis recomendadas. El efecto del ácido giberélico es más espectacular en algunos cultivos cuando el suelo ha sido bien fertilizado y cuando los días son de pocas horas luz (8-10) y con bajas temperaturas durante la noche (10°C); condiciones que generalmente prevalecen en algunas zonas durante el otoño, invierno y principios de la primavera.-

Aunque se puede asperjar el ácido giberélico mezclado con insecticidas y fertilizantes foliares, por su costo y dosificación, se recomienda usarlo solo.

La solución en alcohol de 96° es muy estable, pero una vez disuelto en agua debe asperjarse de preferencia el mismo día.

Para comprobar las propiedades del ácido giberélico se diseñó el siguiente experimento:

Se instalaron dos tinas hidropónicas, las cuales se alimentaron con caldos nutritivos de idéntica composición pero a la planta de una de las tinas se le aplicó ácido giberélico en la concentración indicada y pudieron hacerse las siguientes observaciones:

La planta rociada con la solución de ácido giberélico comenzó a tomar mayor altura y las hojas se hicieron mas grandes que las de la planta testigo, además de alcanzar un tamaño del doble de la planta testigo, la que fué rociada con ácido giberélico floreció una semana antes que la planta testigo, y además la cantidad de inflorescencias fué casi del doble y las flores fueron de mayor tamaño que las de la planta testigo. Solamente pudieron hacerse éstas observaciones durante un mes debido a que las plantas fueron azotadas por una granizada que las quemó completamente; además que el clima de la ciudad de México no es favorable para el jitomate que fué la planta que se eligió para el experimento debido a que ofrece la posibilidad de producir éste cultivo comercialmente.

Las conclusiones que pueden desprenderse son de que efectivamente el ácido giberélico acelera el metabolismo de las plantas haciendo mas rápida y mas abundante la producción y además produce gigantismo en las plantas, ya que la planta asperjado con la solución de ésta fitohormona sufrió un alargamiento y ensanchamiento del tallo, y además un aumento de tamaño en las hojas. Por lo anterior, se puede recomendar éste producto para la producción comercial hidropónica de vegetales debido a las ventajas que ofrece para los cultivos.

VIII.- C O N C L U S I O N E S.

1.- La viabilidad del proyecto se funda en el aumento de plantas - por área y su producción superior a la obtenida. Tanto el --- jitomate, como el chile sembrado por este método, reaccionaron favorablemente dando frutos de magnífica calidad y en abundancia en un período de tiempo menor que el cultivo tradicional. Por ser suministradas las sales alimenticias directamente a - las raíces de las plantas, estas necesitan un área mucho menor para su correcto desarrollo.

El ahorro mayor de agua será factible si se realiza el cultivo en un invernadero. Claro está, que esto significará un aumento considerable en los costos de instalación.

Definitivamente se recomienda el uso de fertilizantes en la - alimentación, si el cultivo es a gran escala, ya que las sales Q.D. agravan de sobremanera el costo de mantenimiento.

Con la selección de cultivos de alto valor comercial, puede ha - cerse mayor la plausibilidad del proyecto. (flores, algodón, - fresa, etc.).

II.- Gran ventaja en el aspecto de investigación presenta la quimi- cultura, pues presenta la enorme versatilidad para añadir nue- vos factores como podrían ser las experiencias realizadas apli - cando ácido giberélico y otras sustancias. Las inovaciones- hechas a la Agronomía en tierra pueden adaptarse al método hi- drooónico casi en su totalidad. También en el aspecto fisioló - gico para el mejoramiento de semillas encuentra en el método - grandes posibilidades de desarrollo.

III.- Un problema de capital importancia en la era tecnológica que nos toca vivir es el de la contaminación. Grandes cantidades de insecticidas son criminalmente arrojadas al ambiente en las fumigaciones a gran escala de terrenos cultivados. La fumigación por el método de hidropónia es mas dosificado, localizado y racional.

Las enormes cantidades de fertilizantes añadidos a la tierra no son consumidos por las plantas y ocasionan tanto la contaminación de la tierra y del agua, en cambio por el método estudiado las sales si son totalmente asimiladas por los vegetales, el agua se encuentra en un sistema cerrado y no es desperdiciada.

IV.- Consideramos que cualquier esfuerzo para darle al pueblo los nutrientes necesarios para una vida sana y digna, es necesario y urgente, inclusive olvidando los beneficios económicos individuales. Llegando a proponer que la construcción y administración de las instalaciones hidropónicas sean erogaciones que el gobierno deba de aportar, si queremos terminar con el drama de niños famélicos y retrasados mentales, por una deficiente-- nutrición en su crecimiento. Basta de grandes inversiones en turismo demigrante y en industrias programadas para satisfacer sociedades vanidosas.

B I B L I O G R A F I A

1. Wayne I. Turner y Victor M. Henry: "Horticultura y Floricultura sin Tierra" U.T.E.H.A. México 1968.
2. James Sholto Douglas: "Beginner's Guide to Hydroponics". Pelham -- Books Ltd. London 1972.
3. G.O. Huterwal: "Hidroponía. Cultivo de Plantas sin Tierra". Editorial Hobby, Com e Ind. Buenos Aires 1966.
4. Robert S. Aries and Robert D. Newton: "Chemical Engineering Cost-Estimation". McGraw-Hill Book Company, Inc. New York 1955.
5. James Bonner y Arthur W. Galston: "Principios de Fisiología Vegetal" Aguilar, S.A. de Ediciones. Madrid 1970.
6. Carlos Gajón Sánchez: "Horticultura Moderna". Bartolomé Trucco Editor. México 1956.
7. John Scott: "Hambre, La lucha del Hombre por su Alimento". Editores-Asociados, S. de R.L. México 1971.
8. J.W. Mellor: "Química Inorgánica Moderna" El Ateneo, Editorial Buenos Aires 1958.
9. John H. Perry: "Chemical Engineers' Handbook". McGraw-Hill Book Co., Inc. New York 1963.
10. Gilbert H. Ayres: "Análisis Químico Cuantitativo". Harper and Row Publishers Inc. Madrid 1970.
11. Luis J. Curtman: "Análisis Químico Cualitativo". Manuel Marín y Cia., Editores Madrid 1959.
12. Laboratorios Pfizer: "Acido Giberelico Pfizer". Circular No. 7 División Agrícola. México 1969.