

208
Res.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

EVALUACION DE SOLUCIONES NUTRITIVAS
PARA EL CULTIVO HIDROPONICO DE
JITOMATE (Lycopersicon esculentum (L))

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
B I O L O G O
P R E S E N T A :
SILVIA VIVES JIMENEZ



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 está 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.

I N D I C E

	<u>Página</u>
1. Resumen	1
2. Introducción	3
2.1 Definición e historia	3
2.2 Características del sistema hidropónico	5
2.3 Ventajas y desventajas de los sistemas hidropónicos	11
2.4 Nutrición y solución nutrimental	11
2.5 Agua y sistemas de riego	24
2.6 Clasificación de los métodos hidropónicos	26
2.7 Cultivo de jitomate	30
2.8 Antecedentes del cultivo de jitomate por sistema de hidroponia	32
2.9 Objetivos	35
3. Materiales y métodos	36
3.1 Ubicación del área de estudio	36
3.2 Instalaciones	37
3.3 Sustrato	39
3.3.1 Esterilización del sustrato	39
3.3.2 Análisis del agua	39
3.4 Semilla de jitomate	41

3.4.1	Siembra	41
3.4.2	Trasplante	41
3.4.3	Sistema de riego	42
3.4.4	Labores de cultivo	45
3.5	Tratamientos experimentales	47
3.6	Toma de datos	55
3.6.1	Temperatura de invernadero	55
3.6.2	Parámetros de las plantas	55
3.6.2.1	Altura del tallo	56
3.6.2.2	Cantidad, peso y diámetro de los frutos	56
4.	Resultados y discusión	57
5.	Conclusiones	70
6.	Recomendaciones	71
7.	Bibliografía	73
8.	Apéndice, índice de esquemas, gráficas y cuadros	78

1. RESUMEN

Con el fin de contribuir a la producción de alimentos con los métodos de cultivos que actualmente se conocen en nuestro país, surgió la inquietud de utilizar la "hidroponia" como un sistema que brinda posibilidades de cultivar hortalizas en lugares donde el suelo escasea o es de mala calidad, y en particular en las zonas urbanas. Con este fin se estableció un proyecto para probar tres soluciones nutritivas como base de este sistema, las que sustituyen los nutrientes que el suelo pudiera brindar a las plantas en un cultivo de jitomate, hortaliza seleccionada por ser de gran importancia en el mercado y en la dieta del mexicano. Las soluciones nutritivas se tomaron una del Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego (CENAMAR), otra calculada según método de Steiner (29, 30, 31) y la última tomada de Harris citado por Penningsfeld (16). Las fórmulas se modificaron realizando ajustes en la concentración de sus componentes, de este modo se cubrieron las necesidades nutricionales de las plantas.

Para evaluar el comportamiento del cultivo de jitomate como respuesta a la aplicación de los diferentes tratamientos, se registraron los parámetros de crecimiento y producción total durante el desarrollo del cultivo.

Posteriormente se aplicó un análisis estadístico con el ---

cual se detectaron diferencias significativas en los resultados observados entre los tres tratamientos; el tratamiento con la fórmula 2, calculada según el método de Steiner - dió mejores resultados en crecimiento y producción total, - por lo tanto se concluye que esta fórmula puede ser utilizada con confianza en el cultivo de jitomate en la zona del - Distrito Federal.

2. INTRODUCCION

2.1 Definición e historia.

La palabra hidroponia se deriva del griego "hidros" que significa agua y "ponos" relativo a trabajo, literalmente trabajo del agua, esta técnica se utiliza actualmente para cultivar especies vegetales, sin la necesidad del suelo, en su lugar se emplean diversos materiales inertes en los que las raíces se fijan para sostén de las plantas, la nutrición de las mismas se realiza mediante el uso de soluciones nutritivas, elaboradas con agua y sales minerales.

La hidroponia se inició a principios del siglo XVII con algunos experimentos, pero fue en 1861, con la inquietud de conocer la forma de nutrición en los vegetales que J. Von Sack y Knop quienes al montar experimentos con plantas cuyas raíces se sumergían en agua con concentraciones conocidas de sales, descubren las necesidades de nutrientes que éstas requieren para su desarrollo.

En un principio la hidroponia fue como anteriormente se dijo, la base del conocimiento de la nutrición vegetal, pero posteriormente en 1936, W.F. Gericke publicó los resultados obtenidos en un trabajo de cultivo de tomate en solución nutritiva; con ello se abre el campo para utilizar este sistema como una alternativa de producción agrícola.

El sistema de producción hidropónico se ha estudiado en México desde hace unos 20 años aproximadamente y no se ha podido aprovechar ampliamente como lo han hecho otros países; por ejemplo, en Israel, el empleo de esta técnica ha sido realmente positivo, ayudando a resolver uno de sus principales problemas, la producción de alimento, ahí se ha levantado una de las más grandes instalaciones de este tipo.

Holanda, Japón, Alemania, Inglaterra y Estados Unidos son países que también han desarrollado una amplia gama de investigaciones sobre la hidroponía (23). La investigación sobre cultivos hidropónicos comerciales puede sustentar las bases para el desarrollo en nuestro país, de tecnología aplicable a diferentes sectores socioeconómicos, tecnología que pueda ser utilizada a nivel industrial o bien a nivel familiar.

En México las principales instituciones que han realizado estudios sobre cultivos hidropónicos son: Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego de la SARH (CENAMAR) ya desaparecido; Comisión Nacional de Fruticultura (CONAFRUT); Universidad Autónoma de Chapingo; Comisión Coordinadora para el Desarrollo Rural del D.D.F. (COCODER); Colegio de Postgraduados de Chapingo de la U.A.CH.; Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); y la iniciativa privada, principalmente floricultores en los estados de Morelos, México y Michoacán.

La aplicación de este sistema en pequeña y gran escala en México es una innovación tecnológica altamente promisoría para la producción agrícola. (2, 15, 23)

2.2 Características del Sistema Hidropónico.

La característica principal de la hidroponia es la no utilización del suelo en la forma tradicional, para el desarrollo de la planta y en sustitución de éste, se emplean agregados inertes, sistema al que se le incorporan condiciones ideales para el cultivo de la planta en cuanto agua, aire y nutrientes, esto permite que el agricultor tenga un mayor control sobre el cultivo. Como contenedores del agregado se utilizan recipientes de diferentes formas, algunos de ellos rústicos, por ejemplo: llantas cortadas a la mitad, macetas de cualquier material, blocks, tubos de cemento, o bien algo más sofisticado como bancadas o camas de cultivo de paredes de plástico, lámina, madera, fibra de vidrio, etc.; también se utilizan bolsas de polietileno negro de todas las formas y medidas. Los recipientes se eligen tomando en cuenta el sistema de riego escogido y el tipo de agregado que se pretende utilizar.

Los siguientes agregados son algunos de los que se utilizan: grava, serrín, carbón y otros materiales.

Se conocen también agregados artificiales como la pedacería de plástico, fibra de vidrio, fierro y aluminio. Los agregados además de servir de sostén a las plantas, brindan a las raíces la humedad, oxigenación y retención de nutrientes que las plantas necesitan, por esto último, se toma en --

cuenta la porosidad, el pH y constitución de los materiales utilizados como agregado.

Gracias a las características anteriores, se deriva una gran variedad de ventajas, como mayor calidad y precocidad de los cultivos, uniformidad de los mismos, mejor manejo del agua de riego y soluciones nutritivas, reducción de enfermedades en los cultivos ocasionadas por los suelos comunes.

Cuando se pretende iniciar una instalación hidropónica lo primero que se debe tomar en cuenta son las siguientes consideraciones:

- Qué especie de plantas se van a cultivar, basándose en las necesidades, el mercado, el costo del cultivo, etc.
- Qué parte de las plantas son las utilizables comercialmente, por ejemplo: flor, fruto, hojas, raíz, tallo o semilla, lo anterior con el fin de elaborar una solución nutritiva adecuada para la especie que se va a cultivar.
- Seleccionar el tipo de riego que se adapte mejor al o los cultivos.
- Definir que labores requieren los cultivos, acondicionar los invernaderos para favorecer las labores y el buen desarrollo de la planta.

El sistema de cultivo hidropónico proporciona las condiciones necesarias para optimizar el desarrollo de la mayoría de las plantas, sus características se pueden enumerar de la siguiente forma:

1. Un balance adecuado de los nutrientes requeridos.
2. Los nutrientes en soluciones asequibles a las raíces de las plantas.
3. Un nivel de pH en un rango favorable para el buen desarrollo de la planta (de 5.5 a 7, según el requerimiento del cultivo).
4. Suficiente humedad aprovechable para cubrir las necesidades de la planta todo el tiempo.
5. En este sistema se minimiza la presencia de organismos que causan enfermedades o contaminen los productos.
6. Que la temperatura se controle en un rango de 15 a 30° C., que se considera favorable para la absorción de nutrientes en muchas plantas.
7. Que la concentración de sales se encuentre entre los 1,500 a 3,000 p.p.m.; o bien según Sterner a una combinación adecuada en la concentración iónica que brinde una perfecta relación entre ellas para su máxima absorción, por las raíces. (18, 23)

Tomando en cuenta la importancia de los agregados, el sistema de cultivo hidropónico se ha dividido en diferentes técnicas; dichas técnicas se describirán más adelante.

CUADRO N° 1

VENTAJAS DEL CULTIVO SIN SUELO FRENTE AL TRADICIONAL

PRACTICAS DE
CULTIVO

1 Esterilización del medio de cultivo	Vapor, fumigantes químicos, trabajo intensivo; proceso muy largo.	Vapor, fumigantes químicos y en algunos sistemas se usa HCl o hipoclorito cálcico; proceso rápido.
2 Nutrición vegetal	Muy variable, deficiencias, nutrientes a veces poco utilizados por las plantas debido al Ph o mala estructura del terreno, condición inestable, dificultad para el muestreo y ajuste.	Control completo, relativamente estable, homogéneo para todas las plantas, fácil disponibilidad en las cantidades precisas, buen control de Ph facilidad para pruebas y ajuste.
3 Número de plantas	Limitado por la disponibilidad de nutrientes del suelo y de la luz.	Limitado solamente por la iluminación, es posible una mayor densidad de plantación y por tanto una mayor cosecha por unidad de superficie.
4 Control de malas hierbas, laborales	Siempre existen, hay que efectuar laboreo.	No existen, no hay laboreo.
5 Enfermedades y parásitos del suelo.	Gran número de parásitos -- como nemátodos, insectos, etc. Se requiere la rotación de cultivos para controlar estos ataques. Enfermedades fungosas, se propagan rápidamente por la menor vigilancia del cultivo.	No existen parásitos del suelo, control de insectos por no haberlos en el medio de cultivo, las enfermedades se localizan inmediatamente y se controlan por la mayor vigilancia al cultivo.

- | | | |
|---------------------|--|---|
| 6 Agua | Trastornos debidos a la pobre relación agua-suelo, a la estructura de éste y a una capacidad de retención muy baja. Aguas salinas no pueden utilizarse. Pérdida de agua por percolación y evaporación. | Control total del stress hídrico por el riego vigilado. Puede usarse agua con alto contenido de sales, disminuye la evaporación y se controla la percolación. |
| 7 Calidad del fruto | Fruto generalmente blando por deficiencias, ocasionando una escasa conservación. | Alta conservación, frutos firmes sin deficiencias, algunos ensayos han demostrado que los jitomates hidropónicos contienen más cantidad de vitamina A que los del suelo. |
| 8 Fertilizantes | Se aplican esparcidos en el suelo, utilizando grandes cantidades, sin ser uniforme su distribución y teniendo grandes pérdidas del 50 al 80% por lavado. | Pequeñas cantidades distribuidas uniformemente, permiten mayor aprovechamiento por las raíces y pocas pérdidas por lavado. |
| 9 Estado sanitario | Los restos orgánicos de los fertilizantes pueden ser causa de enfermedades en los consumidores. | Al no añadir agentes biológicos a las plantas, no existen agentes patógenos en ellas. |
| 10 Trasplante | La adaptación de la plántula al suelo es más dura por no poderse modificar ninguna característica de esta, además los agentes patógenos atacan más en esta etapa de las plántulas. | El suelo no necesita prepararse, pues sus características son las mejores para la plántula. La circulación de la solución nutritiva puede manejarse para modificar la temperatura del medio de cultivo, favoreciendo la adaptación. No existen agentes patógenos. |

- | | | |
|--------------------------------------|--|--|
| 11 Maduración | Condicionada al clima. | Con un manejo adecuado de la iluminación se puede conseguir un adelanto de la maduración, la cual se nota con más eficacia en los cultivos hidropónicos. |
| 12 Conservación del medio de cultivo | El suelo de los cultivos en invernadero debe cambiarse en forma periódica, debido a la pérdida de fertilidad y estructura. En el caso de cultivos al aire libre se hace preciso el barbecho. | No es preciso cambiar el medio en los cultivos en arena, agua o grava, ni utilizar el barbecho. El serrín, la turba y la vermicultita pueden utilizarse bastantes años sin necesidad de renovarse. |
| 13 Cosecha | Los tomates en invernaderos producen aproximadamente 10-15 Kg/planta. | Cosecha de 20-25 Kg/planta. |
-

FUENTE: Resh H.M. (1981) y Sánchez del Castillo (1981)

2.3 Ventajas y desventajas de los sistemas hidropónicos.

Actualmente el uso de los plásticos en la agricultura ha mejorado la producción intensiva bajo cubierta de invernaderos, propiciando más el uso de esta técnica. Para considerar la generosidad de este sistema se han realizado algunas evaluaciones que derivan una apreciación clara de sus ventajas y desventajas frente a los cultivos tradicionales. (Cuadro 1)

2.4 Nutrición y solución nutrimental.

La solución nutrimental está constituida por elementos esenciales para el desarrollo del sistema de hidroponía, es la parte más importante de este sistema, porque es la única forma en que las plantas obtienen nutrientes, los cuales son aplicados al agregado o directamente al sistema radical. Para su elaboración es importante tomar en cuenta la calidad del agua que se utilice, así como las características esenciales del agregado. Las fórmulas de las soluciones se realizan con base en dichas características. (23)

Los elementos de la solución nutritiva se pueden utilizar en forma de sales químicas premezcladas (si es que se conoce de antemano su preparación) y/o de fertilizantes comerciales. Para la formulación de ésta se toma como base la nu

trición vegetal y el efecto que producen cada uno de sus -
constituyentes en las plantas, así como la calidad del agua,
por lo que es indispensable el conocimiento de la función -
de cada uno de los elementos y la calidad del agua en rela-
ción a su constitución. (2, 6, 15, 18)

Los elementos constituyentes de una solución nutritiva van
a dividirse dependiendo de la cantidad que necesitan las -
plantas para desarrollarse correctamente, en:

Macronutrientes.- Carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O)
disponibles para la planta en forma de gases, no se inclu-
yen en la solución nutritiva. Calcio (Ca), magnesio (mg),
potasio (K), nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S), todos
estos elementos son requeridos por la planta en grandes can-
tidades, a ésto deben su nombre.

Micronutrientes.- Hierro (Fe), manganeso (Mn), boro (B), -
cobre (Cu), zinc (Zn), molibdeno (Mo), cloro (Cl), se re- -
quieren en pequeñas cantidades, por ello se le llama micro-
nutrientes o elementos traza. A continuación se especifica-
can las funciones de cada uno de estos elementos. (3, 4)

MACRONUTRIENTES

Nitrógeno.- Constituyente de proteínas, ácidos nucleicos -
y muchas otras sustancias importantes como moléculas cata--

líticas. Su deficiencia se denota casi invariablemente en clorosis gradual de las hojas maduras, tornándose amarillas y desprendiéndose, por lo regular se presenta necrosis de los tallos, nervaduras foliares y pecíolos, volviéndose rojos o púrpura por la producción de antocianinas. La sobreabundancia de nitrógeno causa una gran proliferación de tallos y hojas, pero determina una gran reducción de frutos en plantas de cultivo.

Potasio.- Es requerido en grandes cantidades y es muy soluble. Es el potasio, catión que prevalece en las plantas y puede estar implicado en el mantenimiento del balance iónico de las células. El potasio no puede tener función estructural en las plantas, pero desempeña numerosos papeles catalíticos que en su mayoría no están claramente definidos; se desconoce además la naturaleza exacta de los grandes requerimientos de potasio. Muchas enzimas por ejemplo las implicadas en la síntesis proteica no operan eficientemente en su ausencia, tal vez su efecto se ejerce sobre la conformación proteica, determinando la exposición de los sitios activos. Sin embargo, ésto no parece explicar la alta especificidad del potasio, el que puede ser reemplazado sólo ocasionalmente e ineficientemente por el sodio.

Se requiere mucho más potasio que magnesio para la activación de una enzima dependiente. El potasio se enlaza iónicamente al piruvatoquinasa, que es esencial en la

respiración y el metabolismo de carbohidratos, la deficiencia de potasio generalmente se empieza a notar con una clorosis típicamente moteada de las hojas maduras que luego se distribuye a las jóvenes, pues este elemento es muy móvil en las plantas, se producen áreas necróticas a lo largo de los márgenes y en la punta de las hojas, las que se enroscan de una manera característica y puede producirse un extenso ennegrecimiento o chamuscamiento de estas hojas. Se presentan hábitos de crecimiento en roseta o achaparramiento. Otras consecuencias son: la reducción del crecimiento caulinar, el debilitamiento del tallo y la baja resistencia a agentes patógenos.

Debido a la reducción de la síntesis proteica y el daño a la respiración, los compuestos de bajo peso molecular como aminoácidos y azúcares, tienden a acumularse a niveles inusualmente altos, mientras que se reducen las proteínas y los polisacáridos.

Calcio. - Es importante en la síntesis de pectina de la lámina media de la pared celular. También está involucrado en el metabolismo o formación del núcleo y las mitocondrias. Interviene en funciones catalíticas menores, involucra por lo general no exclusivamente, como activador de unas cuantas enzimas, como la fosfolipasa. Es probablemente esta capacidad que requiere sólo de cantidades mínimas, así que probablemente nunca se desarrolle una deficiencia

en esta función. Acaso tenga un importante papel como desintoxicante de ácido oxálico: cristales de oxalato cálcico, se observan a menudo en las vacuolas de las células vegetales. En la deficiencia de calcio, las regiones meristemáticas son las primeras afectadas, porque su reducción impide la formación de nuevas paredes celulares con lo que imposibilita la división celular; la división celular incompleta o mitosis, sin formación de nuevas paredes se traduce en la producción de células plurinucleadas, lo que es típico de la deficiencia de calcio. Existen paredes celulares especializadas en estructuras de soporte como tallos y pecíolos, que se tornan quebradizos o rígidos, ello obstaculiza la expansión de las células. También se presenta clorosis en los márgenes de las hojas jóvenes, el encorvamiento de puntas foliares (la enfermedad de planta marchita) y la formación de raíces atrofiadas e incoloras, en el tomate la pudrición apical del fruto "Blossom end Root". La deficiencia de hierro ocasiona una reducción en la absorción de calcio.

Magnesio.- Las plantas lo requieren en grandes cantidades, desempeña importantes funciones, parece estar implicado en la estabilización de partículas ribosómicas, al enlazar las subunidades que forman el ribosoma. Está involucrado en numerosas reacciones de cierta capacidad, en primer lugar, puede servir para unir enzima y sustrato como ejemplo

en reacciones que implican transferencia de fosfato desde el ATP, en las que el magnesio actúa como un eslabón que vincula la enzima a su sustrato. En segundo lugar, puede servir para alterar la constante de equilibrio de una reacción mediante enlace con un producto, como por ejemplo, en ciertas reacciones de quinazas. En tercer lugar, puede anexarse formando un complejo o un inhibidor enzimático. El magnesio es un activador, mediante uno o más de estos mecanismos, de muchas reacciones de transferencia de fosfato (excepto fosforilasas), de enzimas implicadas en la síntesis de ácidos nucleicos y también de muchas enzimas que involucran transferencia de dióxido de carbono; reacciones de carboxilación y descarboxilación. Como tal, el magnesio es decisivo en las reacciones de metabolismo energético, así como en la síntesis de constituyentes de núcleo, cloroplasto y ribosoma, finalmente el magnesio constituye una parte integrante de la molécula de clorofila y es por lo tanto esencial en la fotosíntesis. A causa de su deficiencia, se desarrolla clorosis entre las nervaduras foliares o pueden aparecer pigmentos brillantes de color rojo, naranja, amarillo o púrpura, puesto que el magnesio es muy soluble y de rápido transporte por toda la planta, los síntomas de su deficiencia generalmente aparecen primero en las hojas maduras.

Fósforo. - La absorción de fósforo ocurre como ion fosfato

inorgánico, monovalente o divalente. Gran parte del fosfato en la planta existe en forma orgánica pero es probable que se transporte principalmente en estado inorgánico. Su absorción por las plantas tal vez sea obstaculizada por un exceso de calcio. Es muy importante como parte estructu--
ral de muchos compuestos, principalmente ácidos nucleicos y fosfolípidos. Además, el fósforo desempeña una función - indispensable en el metabolismo energético. La elevada -
energía de la hidrólisis del prefosfato de diversos enla--
ces de fosfato orgánico se utiliza para impulsar reaccio--
nes químicas.

Como es de esperar, la deficiencia de fosfato afecta todos los aspectos del metabolismo vegetal y el crecimiento. Algunos resultados de una baja de fósforo como el letargo de las yemas laterales, se deben en realidad a una resultante deficiencia de nitrógeno, ciertos síntomas de deficiencia de fósforo son pérdida de hojas maduras, desarrollo de antocianinas en tallos y nervaduras foliares, y en casos extremos desarrollo de áreas necróticas en diversas partes -
de las plantas, estas plantas son de lento desarrollo y a menudo achaparradas. Los síntomas aparecen primero en las hojas maduras, debido a la gran movilidad del fósforo, --
pero a diferencia de la deficiencia de nitrógeno, las ho--
jas de plantas deficientes en fósforo tienden a tornarse -
verde oscuras o bien la clorosis se extiende a las nervadu

ras foliares, así como las lamelas, también se pueden acumular carbohidratos solubles. Una de las características de la deficiencia es un gran incremento de la actividad de la fosfatasa; ésto tal vez esté relacionado con la movilización y reutilización del fosfato disponible que tiene lugar bajo estas condiciones.

Azufre.- La forma disponible para la planta es el sulfato, en áreas industriales, los gases de azufre son una fuente de nutrición para las plantas, en invernaderos colocados en ciudades es muy difícil que exista deficiencia de este elemento por su concentración en el aire.

El azufre tiene funciones algo más especializadas que cualquiera de los otros dos nutrientes aniónicos mayores, nitrógeno y fósforo. Forma parte de los aminoácidos cistina, cisteína y metionina, y es un importante constituyente de proteínas, así como de algunos compuestos de actividad biológica como el glutatión, la biotina, la tiamina y la coenzima A. El azufre está con frecuencia en forma de grupos sulfihídrolos (SH) oxidables, los cuales forman el sitio activo de algunos agentes redox y de transferencia de electrones, también es importante en la formación de puentes disulfuro (S-S), involucrados en la formación y estabilización de la estructura de las enzimas y otras proteínas, -- muchos inhibidores o venenos poderosos actúan atacando a grupos sulfhídricos, su acción puede a menudo reducirse o

atenuarse mediante la adición excesiva de algunos compuestos SH que inmovilicen el inhibidor.

El azufre se convierte en compuesto orgánico mediante un derivado de la adenosina, el cinco fosfoadenosin-cinco fosfosulfato (PAPS) que se forma a expensas del ATP. Su deficiencia ocasiona clorosis general, amarillamiento de las hojas que se inicia por lo regular en las hojas jóvenes, -contrariamente a lo que ocurre con el nitrógeno. Los disturbios metabólicos que siguen a la deficiencia de azufre pueden ser muy intensos, principalmente porque la planta -está imposibilitada para producir proteínas, como resultado de una disminución de aminoácidos que contienen azufre. El nitrógeno soluble tiende a acumularse y los aminoácidos ricos en nitrógeno como la glutamina y la argenina, alcanzan grandes concentraciones.

La ruptura de la argenina puede incluso conducir la producción de urea y amoniaco a una seria carencia de azufre, --una condición de las plantas poco común bajo otras circunstancias.

MICRONUTRIENTES

Hierro.- Es el microelemento del que la planta requiere -más cantidad, es importante por dos razones: es parte del sitio catalítico de muchas enzimas oxido-reductoras importantes y es esencial para la formación de clorofila, aun-

que no forma parte de la molécula. Su importancia en las proteínas heme (citocromos y citocromo oxidasa) de la cadena transportadora de electrones, se deriva de su capacidad de existir en forma oxidada o reducida, es decir que puede adquirir o perder un electrón sufriendo un cambio de valencia al hacerlo. Está presente en enzimas oxidantes - como la catalasa y peroxidasa, en las cuales no sufre cambios de valencia.

Forma parte de varias enzimas como flavoproteínas y ferredoxina, agente transportador de electrones importante. Puede estar involucrado estructuralmente en lípidos lamelares del núcleo, cloroplastos y mitocondrias, parece requerirse en la síntesis de proteínas de membranas. Se ha demostrado que se requiere de mayores niveles de hierro en la división celular que en la respiración, lo cual indica sus funciones múltiples. Sus síntomas de deficiencia son fácilmente reconocidas y muy específicas. La clorosis está restringida estrictamente a las hojas más jóvenes de la planta en crecimiento, sin evidente achaparramiento o necrosis. Esta deficiencia se remedia fácilmente asperjando una solución de hierro (complejo con quelato).

Manganeso.- Se absorbe en forma de ion Mn^{2+} reducido, está involucrado en funciones catalíticas, es el metal activador de algunas enzimas respiratorios y de reacciones del metabolismo del nitrógeno y la fotosíntesis, en donde su -

papel reside en la secuencia de reacciones donde se derivan electrones del agua y se libera oxígeno. Puede también tener un papel estructural en los cloroplastos, los que se tornan susceptibles a la luz en su ausencia y finalmente pierden su estructura y se desintegran.

Los síntomas de deficiencia se concentran en la formación de manchas necróticas sobre las hojas y necrosis de cotiledones de plantas de leguminosas. La movilidad de Mn es compleja y depende de las especies y edad de las plantas, así que los síntomas pueden aparecer en las hojas jóvenes o maduras. Las enfermedades típicas son "la mancha gris" de la avena, "los amarillamientos moteados" de la remolacha azucarera y "la mancha fungosa" de los guisantes.

Boro.- Es un elemento cuya función aún no se comprende con claridad, aunque es demostrable su papel esencial en el crecimiento de la planta.

El transporte y la absorción de los azúcares se reducen mucho en ausencia de boro. Se sugirió que el azúcar se transporta en forma de complejos de borato en la planta. La presencia de boro incrementa el transporte de productos radioactivos de la fotosíntesis ($^{14}\text{CO}_2$). También puede estar involucrado en muchos aspectos de la diferenciación y desarrollo celular.

Efectos característicos de su deficiencia son la muerte de sus meristemas y aborto de flores. Las hojas tienden a en

grosar y oscurecer, los meristemas de vástagos y raíces -- mueren, dando a la planta una apariencia de atrofia y acha parramiento, como en la "enfermedad apical" del tabaco. - La desorganización metabólica conduce a la desintegración de células en órganos pulposos, dando origen a desórdenes tales como "pudrición del corazón" o "corazón acuoso" en el betabel y el nabo.

Cobre.- Sus funciones son exclusivamente catalíticas en las plantas, siendo parte de varias enzimas importantes como la polifenolixidasa y la ácido-ascórbicoxidasa.

Está presente en la plastocianina de los cloroplastos. Es un componente importante del sistema transportador de la fotosíntesis y puede estar involucrado en la reducción de nitritos.

La deficiencia de Cu, causa necrosis en las hojas y les da una apariencia marchita y oscura. Las típicas enfermedades son el "reclamo" y la "muerte regresiva" de los frutales.

Zinc.- Se reduce su aprovechamiento con un aumento del pH al igual que los metales anteriores. Tiene relación directa con la síntesis de ácido indolacético (IAA), por lo cual causa pobre desarrollo de la dominación apical y problemas en el crecimiento de las plantas. Es además un activador obligado de numerosas enzimas como la deshidrogenaza del ácido láctico, ácido glutámico, alcohol y pirimidín nucleótido.

Su deficiencia atrofia y reduce notablemente el tamaño de la hoja que conduce a la "hoja pequeña" y a la "roseta" de manzano y durazno. Clorosis intervenal produciendo "hoja moteada", reducción en la floración y fructificación, acha parramiento y crecimiento radical pobre.

Molibdeno.- Se absorbe más fácilmente en suelos de pH elevado, a diferencia de los metales, su papel es la reducción de nitratos y fijación de nitrógeno. Tiene algunas otras funciones desconocidas. Sus síntomas de deficiencia son marchitez moteada marginal de las hojas, produciendo mancha amarilla del fruto de los cítricos. Aparece en las hojas maduras como la deficiencia de nitrógeno, pero a diferencia de éste, los cotiledones permanecen con una apariencia verde y saludable.

Cloro.- Se absorbe por las plantas en forma de ión y así permanece en ellas, es esencial para el crecimiento del tomate. Su deficiencia nunca se presenta en la naturaleza. Es imprescindible el requerimiento de iones cloro en la fotosíntesis de cloroplastos aislados.

Los fertilizantes y las sales minerales que contienen a los macro y los micronutrientes deben tener:

- Máxima solubilidad en el agua de riego.
- Un buen cálculo de la concentración de iones para evitar antagonismos entre ellos.

Las fórmulas de las soluciones nutritivas que se utilizan en México se han tomado de las fórmulas propuestas por las investigaciones realizadas en diferentes partes del mundo, y se han modificado para adaptarse al clima y altura del lugar de ubicación de las instalaciones hidropónicas. La información pertinente al papel de los macro y micronutrientes fue tomada de diversas fuentes (3, 4, 18, 19, 21).

2.5 Agua y sistemas de riego.

El agua en el sistema de hidroponía es la parte fundamental y su aprovechamiento lo más importante. Prácticamente no debe haber desperdicio, su uso es mucho más eficiente que en los cultivos en suelo.

Dentro del sistema de hidroponía se utilizan los siguientes tipos de riego:

Inundación o vertido.- El agua y la solución se aplican directamente al agregado, puede ser por manguera, regadera o tubería.

Subirrigación.- Una tubería colocada por abajo del agregado surte el riego hasta el nivel deseado y los líquidos pueden ser recuperados para reciclarse, o desechados según se desee. En este caso es recomendable el reciclaje.

Aspersión.- Los líquidos de riego salen a presión por una espereca y se dispersan en el ambiente. El agua cae en toda la planta o puede mojar exclusivamente los tallos y agregados si se maneja la dirección y la altura de las atomiza-

ciones. Se necesita una automatización cíclica del riego que cubra las necesidades límite de humedad de las plantas ya que no es factible la recuperación de líquidos.

Goteo.- Este sistema se aplica con una tubería de diferentes diámetros que terminan en un tubito de 2 ó 3 milímetros, conocido como spagueti, el cual surte en forma individual a cada planta.

Capilaridad.- Es una forma de riego que necesita de un depósito de líquidos que esté en forma contigua al recipiente contenedor de la planta, para poder hacer contacto entre el agregado y el líquido nutrimental, ésto se realiza por medio de mechas, hilos, material absorbente, etc.

De este modo el líquido sube por capilaridad manteniendo siempre húmedo el agregado.

Atomización a las raíces.- También se le llama aeroponía. En este tipo de irrigación las raíces se encuentran libres de materiales de sostén o agregados para mantener la planta erguida se utilizan mallas, plástico en forma de película, hilos o alambre. Este riego es cíclico, automatizado y aplicado directamente a la raíz, la recuperación del líquido es mínima por escurrimiento. La información pertinente al riego fue tomada de diversas fuentes. (1, 15, 18, 23)

2.6 Clasificación de los métodos hidropónicos.

La clasificación general de los métodos de cultivo hidropónico se realiza con base en el medio de cultivo utilizado.

Cultivo en agua

Las plantas se desarrollan en agua o solución nutritiva. Los recipientes de cultivo de preferencia son de cristal - para observar crecimiento de las raíces y pureza de la solución. El control del pH es sumamente importante, así como la oxigenación del agua. Las partes aéreas de la planta se sostienen por medio de mallas o tutores.

Cultivo en arena

Este método es el más ampliamente utilizado ya que se adapta a zonas desérticas. En México existió un proyecto de - invernaderos hidropónicos en la costa del Pacífico, donde se utilizó la arena de la playa previamente lavada, para - librarla de excesos salinos. Los métodos probados satisfactoriamente son con camas de cultivo (bancadas) cubiertas de plástico donde se coloca la arena; otro con la arena extendida en toda la superficie del invernadero. En de terminados cultivos los recipientes pueden ser individuales como bolsas de polietileno negro, macetas, etc.

Cultivo en grava

Este método fue uno de los primeros utilizados en la segunda guerra mundial. En islas no cultivables, los soldados

americanos hicieron grandes instalaciones hidropónicas para surtirse de hortalizas. La selección de la grava deberá ser cuidadosa, procurando que ésta sea granito molido y que sus partículas tengan un diámetro de entre 1/16 a 3/4 de pulgada.

Cultivo en agregado

Es aquel método en el que se utilizan diversos medios de cultivo como la turba, vermiculita, perlita, insulex, pumita y espuma plástica. De éstos materiales se pueden utilizar mezclas en diferentes proporciones.

Turba.- Vegetación acuática, de pantano o de ciénega, parcialmente descompuesta.

Vermiculita.- Mineral con la estructura de la mica expandido por calor a temperaturas de 500°C. Es completamente estéril y ya expandido tiene un peso muy ligero de 2.5 a 5 kilos por pie cúbico. Tiene una alta capacidad de intercambio de cationes y por tanto puede retener nutrientes en reserva e irlos cediendo lentamente, es insoluble en agua y con una gran capacidad de absorción de 11 a 15 litros por pie cúbico. Contiene bajas cantidades de magnesio y potasio disponible a las plantas.

Perlita o agrolita.- Material silíceo de origen volcánico extraído de la lava y expandido por calor (682°C), tiene un peso de 2 a 4 kilos por pie cúbico, es esté-

ril y absorbe de 3 a 4 veces su peso en agua.

Pumita.- Material silíceo de origen volcánico, puede utilizarse después de molido y cernido sin necesidad de calentarse, absorbe menos agua que la perlita y se puede utilizar en mezclas con arena y turba para cultivos en maceta.

Insulex.- Material silíceo expandido que se utiliza como carga de cemento y como material aislante, térmico o acústico.

Plastoponia.- Son agregados plásticos en forma de espuma sintética, utilizados últimamente para sustituir a los otros materiales, su composición es en base a urea formaldehído, poliuretano o poliestireno, es sumamente ligero por lo que se recomienda mezclarlo con arena, almacena gran cantidad de agua (42 litros).

Película nutritiva.

Técnica hidropónica en la cual las plantas tienen su sistema radicular incluido en una solución nutritiva que forma una película de aproximadamente 3 mm., la que circula sobre una lámina de plástico, de este modo se permite que las raíces tengan siempre suficiente oxígeno, el flujo de la solución debe circular en forma continua siendo almacenado en un recipiente, con una bomba para ser recirculado nuevamente al sistema. (15, 16, 18, 23)

Las plantas cultivadas en hidroponia aunque requieren de -
más precisión en sus cuidados, nos brindan frutos y hortalizas
de mejor calidad en cuanto a sabor y valor alimenticio,
reduciéndose a su vez el tiempo que tardan en desarrollarse
con la ventaja de que se pueden obtener cosechas contínuas
con óptimos resultados.

Tomando en cuenta la problemática causada por el aumento de
la población en nuestro país y la poca disponibilidad de -
agua, tanto potable como de riego, se hace necesario poner
mayor importancia en la investigación de sistemas de culti-
vo como la hidroponia, que utiliza exclusivamente el agua -
necesaria para hacer posible la producción agrícola. Por -
lo expuesto anteriormente, se considera pertinente realizar
estudios en las técnicas de cultivo en hidroponia, los que
seguramente serán de mucho beneficio para mejorar la cali--
dad y cantidad de los alimentos disponibles para la aliment-
tación de la población mexicana y esto a su vez será de - -
gran ayuda en la economía familiar.

En vista de que una de las principales hortalizas a nivel -
nacional es el jitomate, dado su consumo, aceptación y gran
valor alimenticio, se decidió realizar el siguiente estudio
para colaborar con el conocimiento y mejora de los nuevos -
métodos para su cultivo. (9, 12, 17)

2.7 Cultivo de jitomate.

La mayoría de las hortalizas son plantas que se adaptan ampliamente al sistema de hidroponia. Una de las más cultivadas por este método es el jitomate.

La producción de jitomate en México a partir de un cultivo tradicional en tierra, se encuentra localizada principalmente en los Estados de Sinaloa, Baja California, Morelos, Guanajuato, San Luis Potosí y Michoacán.

Tiene gran importancia económica, ya que por su volumen y valor agregado es uno de los principales cultivos que al encabezar el grueso de las exportaciones mexicanas de hortalizas frescas, genera un elevado ingreso de divisas al país.

Ver Cuadro 2.

Los jitomates cultivados provienen de las especies Licopersicon lycopersicum y Licopersicon pimpinellifolium, son plantas perennes pero se cultivan como anuales, por la calidad de sus frutos, los cultivos se llevan a cabo tanto al exterior como en invernadero. Los frutos de muchos tomates son redondos y rojos, aunque algunos son alargados o en forma de pera, su rango de colores va de verde pálido a amarillo y de naranja a rojo, varía mucho de tamaño, de menos de 20 gramos a 250 gramos o más.

El jitomate pertenece a la familia de las Solanáceas al

igual que la papa, por esta razón, éste se puede injertar sobre un tallo de papa que funciona como tutor. Los jitomates son plantas de estaciones cálidas y susceptibles a las heladas, requieren mucho alimento y suelos de alta fertilidad, su raíz es grande.

Las variedades más recientes son de crecimiento determinado, se les poda para adecuarlas a uno o dos tallos. Los frutos de las plantas de crecimiento determinado no son tan dulces como los de las plantas de crecimiento indeterminado, que tienen un tallo largo y sus frutos contienen mayor cantidad de azúcar.

Las semillas en general tardan de 5 a 6 semanas para germinar y se siembran a 1 centímetro de profundidad. Las plántulas estarán listas para el trasplante después del brote del primer par de hojas verdaderas.

En el campo, deberán colocarse en hileras con un metro por lo menos de distancia entre ellas y unos 60 centímetros separadas una de otra.

Este tipo de plantas necesita de tutores para sostener sus tallos, algunos cultivadores utilizan espalderas donde enroscan o enredan las plantas.

Los frutos deben cosecharse verdes o cuando empiezan a tornarse amarillos. (12, 16, 17, 23, 24, 25, 26)

2.8 Antecedentes del cultivo de jitomate por sistema de hidroponia.

Los primeros ensayos prácticos de este cultivo se realizaron en el Estado de California, en 1940. Según Gericke, tu vieron resultados con un rendimiento mínimo de 7 Kg. y máxi mo de 12 Kg. de tomate por planta.

En Ohio según informes de Ellis y Swaney (1953), en culti-- vos de invernadero en cubetas, se obtuvo un rendimiento de 4 a 7.7 Kg. por planta.

Según Cappaert y Duclos, se obtuvieron muy buenos resulta-- dos en cultivos en grava y arena en países Africanos en los años 1956 y 1957.

También en cultivos de tomate en grava en Negeu Institut, - en Beersheba, Israel se obtuvieron rendimientos de 24 a 25 Kg. por metro cuadrado, según Meir y Schwarz (1963).

En la Unión Soviética, Muras y Gorsanova (1957) y otros pos teriores han realizado estudios comparativos con diversos - agregados como arena, ladrillo, grava, turba, etc.

En la explotación Sueca Electroflora, los tomates cultiva-- dos en grava dieron un resultado de 16 Kg. por metro cuadra do, como media, según Merker (1958) el sustrato utilizado - fue granito molido.

Fauilli (1960) en la Universidad de Pisa, Italia, reportó - resultados de 20 a 30 Kg. por metro cuadrado, demostrando -

en algunos de sus estudios el buen efecto de la utilización de un precalentamiento de las soluciones.

En cultivos de las instalaciones Alemanas Degussa, reportan rendimientos de 25 Kg. por metro cuadrado, en cuatro o cinco meses de duración en "cultivo mineral" (1949).

También en Alemania en instalaciones comerciales según investigaciones de Penningsfeld de cultivos en grava con cuatro meses de duración, se obtuvieron cerca de 21 Kg. por metro cuadrado, lo que representó aproximadamente 44% más que en tierra.

De lo anterior, se puede concluir que la grava ha demostrado ser mucho mejor que el cultivo en tierra, dando un 40 a 80% de más rendimiento y el gasto de producción disminuyó - en un 14% comparado con el cultivo tradicional, según Luck (1956).

Las medidas sobre el agua utilizadas en instalaciones de Israel, muestran que con el cultivo hidropónico es posible un ahorro del 50% y que además es factible la utilización de agua salina (15,000 - 3,000 p.p.m.) según Meir-Schwarz - - (1963). Citados por 16 y 18.

CUADRO 2

VALOR NUTRITIVO DEL JITOMATE

Porción comesti ble	Energía (K cal)	Proteínas (g)	Grasas (g)	Carbohi dratos (g)
0.86	24	1.0	0.7	4.5
Calcio (mg)	Hierro (mg)	Tiamina (mg)	Ribofla vina (mg)	Niacina (mg)
1.8	2.3	0.08.	0.4	1.7
Ascórbi co (mg)	Retinol (mcg Eq)			
2	4			

FUENTE: Hernández M. (9)

Nota: Cuando el total del alimento es comestible, el valor relativo de la porción comestible es = 1.

2.9 Objetivos.

El objetivo general de estos estudios es encontrar una tecnología económica accesible para la producción de jitomate, la cual no sea sofisticada y que permita establecer pequeñas unidades de producción a nivel familiar urbano.

El objetivo particular de este trabajo es comparar tres fórmulas nutritivas para el cultivo de jitomate en el sistema de cultivo en hidroponia, con el propósito de seleccionar la mejor.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación del área de estudio.

El presente estudio se realizó en el vivero Nezahualcoyotl que tiene sus instalaciones ubicadas en la Delegación de Xochimilco, este vivero depende de la Comisión Coordinadora para el Desarrollo Rural del Departamento del Distrito Federal, y se encuentra frente al Canal de Chalco, colindando al Norte, con la Delegación Ixtapalapa y al Este, con la Delegación de Tláhuac.

El área de trabajo donde se instalaron los invernaderos tiene 1200 m², uno de los siete invernaderos ahí colocados fue el que se utilizó para este estudio.

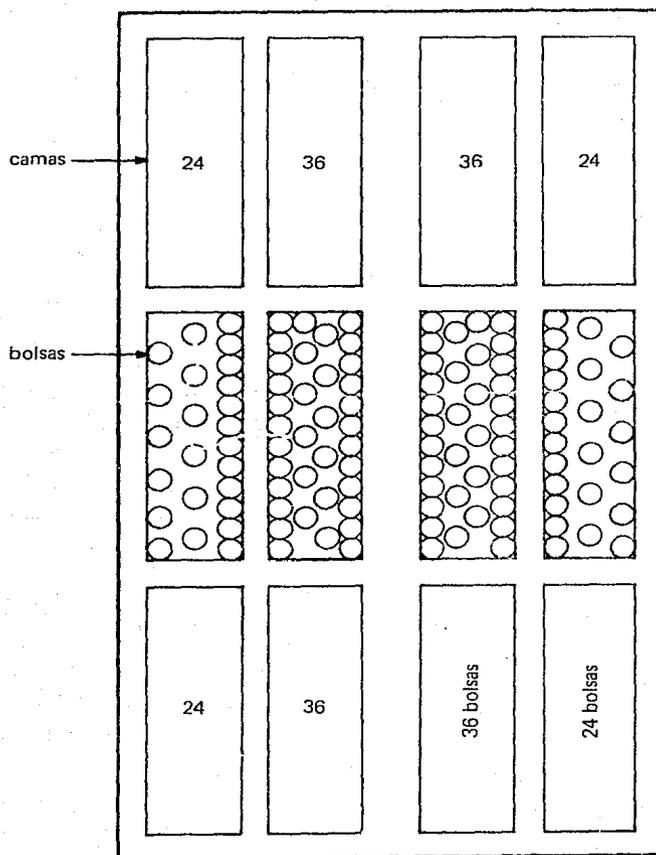
3.2 Instalaciones.

El invernadero que se utilizó está construido con estructura tubular de fierro de 6 m. de ancho por 12 m. de largo, cubierto con un plástico transparente PF602, especial para la intemperie. Su ventilación consistió en aprovechar la corriente de aire que se establece entre las puertas de los extremos del tunel, cubiertas únicamente con una malla mosquitero permitiendo libremente el paso del aire. El piso se cubrió con tezontle, sobre éste se delinearon 12 lotes de 3.5 m. por 1 m., marcados con alambre clavado a seis estacas de madera. Se colocó un plástico grueso en el piso de cada lote para evitar el paso del salitre.

El invernadero se dividió a lo ancho en tres partes iguales conformadas por cuatro lotes cada una, dos centrales y dos laterales, de este modo cada parte se utilizó para la evaluación de una solución nutricional diferente. (Esquema 1).

En cada uno de los lotes centrales se colocaron 36 bolsas recipiente de polietileno negro, de 25 cm. por 40 cm., éstas se perforaron en su base y paredes para facilitar el drenado de los líquidos. En cada uno de los seis lotes laterales, se colocaron 24 bolsas, esta cantidad fue menor que en el caso anterior, ya que debido a la forma de bóveda del tunel del invernadero, se reduce el espacio junto a las paredes laterales, por lo que las plantas altas tienen problema para su desarrollo.

Esquema 1
Posición de los lotes experimentales
en el invernadero



3.3 Sustrato.

Se utilizó tezontle rojo de granulometría de 3 a 5 mm (grava), este agregado se seleccionó de entre varios materiales por su fácil adquisición en la región. Con este material inerte se llenaron 360 bolsas de 25 x 40 cm. de polietileno negro. Las bolsas se llenaron hasta un 80% de su capacidad con este sustrato.

3.3.1 Esterilización del sustrato.

Para esterilizar el sustrato se utilizó bromuro de metilo aplicándose una lata de 650 g. a cada dos lotes, las bolsas llenas en su totalidad de tezontle de ambos lotes, se cubrieron con un plástico negro y la manguera del aplicador de bromuro de metilo se insertó en el sustrato de cada bolsa, después de la aplicación se dejaron airear las camas con las bolsas destapadas durante una semana, lavándose posteriormente con agua a presión.

3.3.2 Análisis del agua.

El análisis del agua es esencial para la preparación de las soluciones nutritivas, el cual se realizó en la Comisión Nacional de Fruticultura (CONAFRUT); a continuación se dan a conocer los resultados de este análisis, a partir de los elementos presentes en el agua utilizada se formularon las soluciones nutritivas.

COMISION NACIONAL DE FRUTICULTURA
 S. A. R. H.
 SUBDIRECCION DE OPERACION FRUTICOLA
 LABORATORIOS DE SUELOS, AGUAS Y PLANTAS
 Análisis de Agua de Riego.
 Comisión Coordinadora para el Desarrollo Agropecuario

Interesado del Departamento del D.F. _____ Dirección _____
 Procedencia Vivero Netzahualcóyotl, D.F.
 Muestra No. AP-32 (Muestra # 1). Turbidez _____
 Color: _____ Olor: _____
 Naturaleza del Sedimento: _____
 Concentración de iones hidrógeno (pH) 7.3
 Conductividad eléctrica (micromhos/cm. 25°C): 615
 Sólidos disueltos (ppm): _____
 % de sodio en el total de cationes: 47.47
 % de carbonatos + bicarbonatos en el total de aniones: 47.61

	Cationes (me/l)	Aniones (me/l)
Calcio (Ca)	<u>1.42</u>	Carbonatos (CO ₃) <u>0.00</u>
Magnesio (Mg)	<u>1.40</u>	Bicarbonatos (HCO ₃) <u>3.00</u>
Sodio (Na)	<u>2.92</u>	Cloruros (Cl) <u>3.30 (Condicionada)</u>
Potasio (K)	<u>0.41</u>	Sulfatos (SO ₄) <u>0.00</u>
Totales	<u>6.15</u>	Totales <u>6.30</u>

Salinidad Efectiva (S.E.) 3.33 (condicionada)
 Salinidad Potencial (S.P.) 3.30 (condicionada)
 Carbonato de Sodio Residual (C.S.R.) 0.18 (Buena)
 Porcentaje de Sodio Posible (P.S.P.) 87.68 (Buena)
 Relación de adsorción de Sodio (R.A.S.) 2.47
 Boro (ppm) 0.27 (Buena).

Clasificación: C2-S1
 C2- Agua de salinidad media.
 S1- Agua con bajo contenido de sodio.

México, D.F., a 13 de noviembre de 1984.
 Lugar y Fecha

Gabriel García Burciaga
 ING. GABRIEL GARCIA BURCIAGA.
 revisó.

3.4 Semilla de jitomate.

Se utilizaron semillas de jitomate de la variedad "tropic", por ser recomendada para cultivos en invernadero con sistema de hidroponia y es de crecimiento determinado; su ciclo vegetativo es de 15 a 20 días, tuvo una germinación del 80%.

3.4.1 Siembra.

Para producir las plántulas se utilizaron cuatro almácigos o semilleros de poliestireno, formados de 200 cavidades piramidales de 3 cm. por lado y 7 cm. de profundidad, perforados en el piso.

Los almácigos se colocaron en el interior del invernadero, llenando sus cavidades con una mezcla de polvo de tezontle (1 a 2 mm.), agrolita e insulex por partes iguales. Esta mezcla es ampliamente recomendada como sustrato para almácigo.

Los almácigos se riegan con abundante agua y en cada cavidad se colocan dos semillas a una profundidad de aproximadamente 1 cm.

Durante la germinación, el riego de los almácigos se realizó solamente con agua hasta el momento del trasplante.

3.4.2 Trasplante.

La germinación se inició diez días después de la siembra y el trasplante se realizó cuando las plántulas tenían entre 13 y 17 cm. de altura. Para ésto se utilizó una espátula de acero inoxidable con la que se sacaron los "cepellones" (agregado y plántula), procediendo a colocarlos en las bolsas-recipiente definitivas, las cuales se encontraban previamente regadas y con pequeñas perforaciones en su base y lados para el drenaje. El 98% de las plantas resistieron perfectamente al trasplante; las que no resistieron fueron sustituidas por plántulas que quedaron en los almacigos.

Los lotes centrales contaban cada uno con 36 plantas, colocadas 12 en ambos extremos y 12 en el centro en la conocida posición llamada "tres bolillo" o sea, intercaladas, quedando aproximadamente 12 plantas por metro cuadrado. En los lotes laterales, se colocaron 24 plantas, 12 en fila y 12 en posición "tres bolillo". (Ver esquema 1)

Cada grupo de estudio constaba de 120 plantas repartidas en dos camas laterales y dos centrales.

Al mismo tiempo que se suministraba el riego, se supervisaban todos los microtubos para verificar que no estuvieran tapados.

3.4.3 Sistema de riego.

Para depósito de agua y solución nutritiva se emplearon 6 tambos de plástico negro con capacidad de 200 litros cada

ESQUEMA 2.

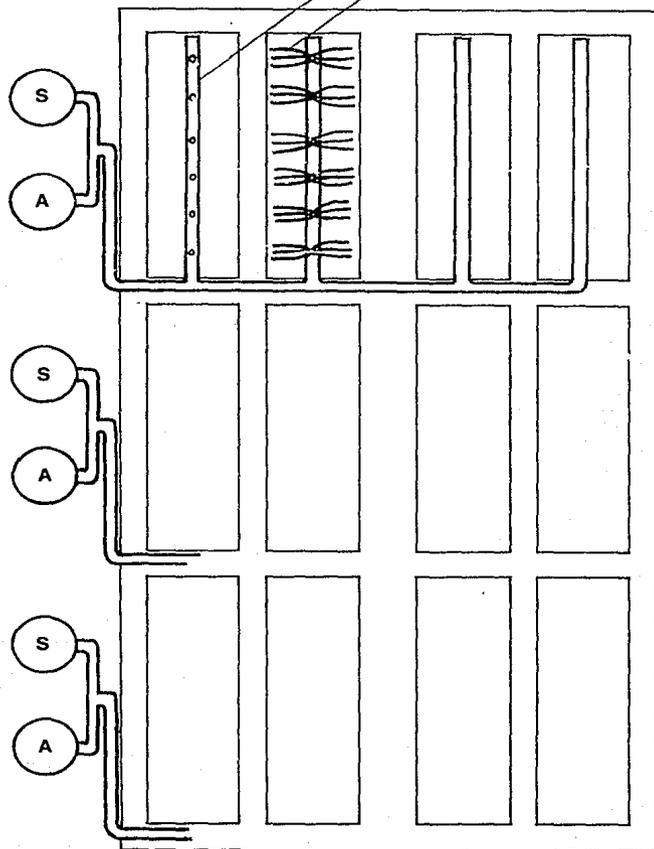
SISTEMA DE RIEGO

S = Solución nutritiva

T = Tubería central

A = Agua

M = Microtubo de riego



uno, con tapa removible para poderlos lavar y facilitar así la preparación de las soluciones. Dichos tambos se colocaron sobre unos bancos de madera que se instalaron en el exterior del invernadero a un metro de distancia de una de sus paredes laterales. Los bancos tenían una altura de dos metros para aprovechar la fuerza de gravedad como impulsora del riego, los tambos se pusieron por parejas, uno conteniendo agua simple y otro la solución nutritiva. De este modo se formaron tres grupos con dos tambos cada uno, donde se manejaron las tres fórmulas de solución nutritiva diferentes.

De los tambos salía una tubería de PVC de una pulgada con una llave para controlar alternadamente y en forma independiente el agua y/o la solución. Se formaron tres líneas, cada una distribuía el líquido a cuatro lotes, quedando de esta forma tres grupos de cultivo diferentes cada uno con sus 120 plantas.

Se instalaron tres líneas de tubería de media pulgada de plástico negro, conectadas a cada una de las unidades de riego, a cada una de estas líneas se conectaron cuatro ramales con tubo de media pulgada para el riego de los cuatro lotes, a cada ramal se insertaron 6 válvulas de 6 salidas, conectándole a su vez 6 microtubos de 3 mm. de diámetro, éstos se colocaron en cada una de las plantas.

Las válvulas se ajustaron a un goteo de 500 a 600 ml. dia--

rios por planta, divididos en dos riegos diarios de una hora cada uno. El riego diario se alternaba un día con agua y otro con solución nutritiva.

3.4.4 Labores de cultivo.

a) Entutorado.

Dentro de las labores de cultivo se realizó la colocación de un sistema de tutores cuando las plantas alcanzaron 20 cm. de altura, este entutorado se efectuó con el fin de evitar que se doblaran los tallos, utilizando para esto cordeles de cáñamo grueso que colgaban de la estructura del techo del invernadero hasta la base de las plantas, los tallos se fijaban a este cordel por medio de una abrazadera de popote de plástico, el cual, después de rodear el tallo y el cordel, se engrapaba.

Se cuidó que las abrazaderas de popote se fueran acomodando según se necesitaran, más o menos a unos 50 centímetros de distancia. Colocándose bajo los pecíolos de las hojas para que soportaran el peso de las plantas, utilizando un total de 3 a 5 abrazaderas para cada planta. (1, 8, 25)

b) Poda.

Después de un mes de haberse realizado el trasplante, se iniciaron las podas con el fin de conformar la planta

con un solo tallo, estas podas consisten en eliminar los brotes axilares cuando tienen aproximadamente de 3 a 5 cm. de largo, esta operación se realiza con las yemas de los dedos para no lastimar la zona axilar y se repetía cada semana.

Conforme las hojas de la parte inferior de la planta se iban amarillando, había que podarlas, de este modo se mejoraba la ventilación de las partes bajas de la planta.

c) Combate de plagas y enfermedades.

Al finalizar el primer tercio de la vida del cultivo, se observó una infestación de mosquita blanca, por lo que fue necesario aplicar aspersiones periódicas de insecticidas utilizándose para ésto el Diazinón y el Folimat; en total fueron tres aplicaciones.

Como medida preventiva se realizaron también tres aspersiones de fungicida (Zineb y Maneb). Gracias a ésto se evitaron las enfermedades fungosas.

En la época de la fructificación se observó una infestación de gusano medidor y gusano minador de la hoja, siendo controladas inmediatamente con Diazinón y Folimat.

Al principio de la segunda mitad del tiempo de vida del cultivo, se presentó primeramente en las plantas regadas con la solución 3, síntomas de la enfermedad "Blossom end Root", que es provocada generalmente por una deficiencia de calcio. (8) Después se generalizó y con el -

fin de evitar el aborto de los frutos fue necesario realizar ajustes simultáneos en las concentraciones de calcio de los tres tratamientos utilizados, dichos ajustes se encuentran registrados en las fórmulas posteriormente descritas.

d) Floración y fecundación.

Al inicio de la floración se ayudó a la polinización - usando corrientes de aire aplicadas directamente a las - flores con una aspersora portátil. En total fueron doce tratamientos que se realizaban uno cada día.

3.5 Tratamientos experimentales.

Soluciones Nutrimientales

Los fertilizantes utilizados en este estudio, se muestran - en el Cuadro 3.

El porcentaje de pureza de las sales, se muestra en el Cuadro 4.

Las fórmulas utilizadas en los tratamientos se muestran en los Cuadros 5, 6 y 7.

El riego con la solución nutritiva se inició un día después del trasplante.

Los fertilizantes y sustancias utilizadas se almacenaban en el cuarto-laboratorio, en depósitos de plástico tapados para evitar su hidratación y contaminación.

CUADRO 3

SALES FERTILIZANTES UTILIZADAS EN EL CULTIVO

FORMULA QUIMICA		PESO MOLE CULAR	ELEMENTOS QUE SE APORTAN	RELACION DE SOLU BILIDAD SOLUTO	COSTO	OTROS DATOS
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	Sulfato de Amonio	132,2	$2(\text{NH}_4^+), \text{SO}_4^-$	1:2	Medio	No es recomendado usar más de 10% de NH_4 y bajo condiciones de muy buena iluminación.
KH_2PO_4	Fosfato Monopotásico	136,1	$\text{K}^+, \text{H}_2\text{PO}_4^-$	1:3	Muy caro	Sal, excelente, altamente soluble y muy pura, pero costosa.
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	Nitrato	164,1	$\text{Ca}^{++}, 2(\text{NO}_3^-)$	1:1	Bajo-Medio	Altamente soluble, queda una cubierta grasa que debe limpiarse de la superficie de solución.
K_2SO_4	Sulfato Potásico	174,3	$2\text{K}^+, \text{SO}_4^-$	1:15	Barato	Solubilidad baja, se disuelve en agua caliente.
$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Cloruro	219,1	$\text{Ca}^{++}, 2\text{Cl}^-$	1:1	Caro	Muy bueno para corregir deficiencias de P.
H_3PO_4	Acido Fosfórico	98,0	PO_4^-	Solución concentrada de ácido.	Caro	La mejor fuente de Fc. Se disuelve en agua caliente.
Fe EDTA	Quelato de Fe Sequestrene 10.5% Fe	382,1	Fe^{++}	Altamente soluble.	Caro	La mejor fuente de B. Se disuelve en agua caliente.
H_3BO_3	Acido Bórico	61,8	B^{+++}	1:20	Caro	

FUENTE: Tomado de Resh, H.M. (18)

CUADRO 4.

PORCENTAJE DE PUREZA DE LAS SALES

S A L		% DE PUREZA
Sulfato amónico	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	94
Sulfato potásico	(K_2SO_4)	90
Nitrato cálcico	$(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2)$	90
Sulfato magnésico	$(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})$	45
Cloruro cálcico	(CaCl_2)	75

FUENTE: Tomado de Resh H.M. (18)

CUADRO 5.

COMPOSICION QUIMICA Y CONCENTRACION (PPM Y GRAMOS POR LITRO) DE LA SOLUCION NUTRITIVA PARA EL TRATAMIENTO 1.

ELEMENTO	FORMULA	P. P. M.		Gr./200 l.
		ETAPA 1	ETAPA 2	
N	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	300 / 170		196/ 30
P	KH_2PO_4	90 / 96		67/ 71
K	K_2SO_4	200 / 313		131/209
Ca	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	40 / 300		38/172
Mg	$\text{Mg SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	50 / 48		103/ 95
Fe	Fe EDTA O_8	5		2.70 EDTA 2.05 FeSO_4
Mn	$\text{Mn SO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	2		1.1
B	H_3BO_3	1		1.1
Zn	$\text{Zn SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.5/.4		.220
Ca	$\text{Ca Cl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	100		112

FUENTE: CENAMAR (Centro Nacional de Métodos Avanzados de riego) (13)

CUADRO 6.

COMPOSICION QUIMICA Y CONCENTRACION (PPM Y GRAMOS POR LITRO) DE LA SOLUCION NUTRITIVA PARA EL TRATAMIENTO 2.

ELEMENTO	FORMULA	P. P. M.		Gr/200 l.
		ETAPA 1	ETAPA 2	
N	$(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$	300/	93	196/ 16.4
P	KH_2PO_4	80/	41	60/ 30
K	$\text{K}_2 \text{SO}_4$	236/300		155/200
Ca	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	120/260		136/149
Mg	$\text{Mg} \text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	50/	24	103/ 47.5
Fe	Fe EDTA O_8	4		2.16 EDTA 1.63 FeSO_4
Mn	$\text{Mn} \text{SO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	2		1.1
B	H_3BO_3	.5		.56
Zn	$\text{Zn} \text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.5		.220
Ca	$\text{Ca} \text{Cl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	100		112

FUENTE: Tomado de Steiner (29, 30, 31)

CUADRO 7.

COMPOSICION QUIMICA Y CONCENTRACION (PPM Y GRAMOS POR LITRO) DE LA SOLUCION NUTRITIVA PARA EL TRATAMIENTO 3.

ELEMENTO	FORMULA	P. P. M.		Gr./200 l.
		ETAPA 1	ETAPA 2	
N	$(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$	300/200		196/ 36
P	KH_2PO_4	100		74.5
K	$\text{K}_2 \text{SO}_4$	250/325		164/217
Ca	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	5.5/260		10/149
Mg	$\text{Mg SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	50		103
Fe	Fe EDTA O_8	5		2.70 EDTA 2.05 FeSO_4
Mn	$\text{Mn SO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1		.55
B	$\text{H}_3 \text{BO}_3$.5		.56
Zn	$\text{Zn SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.5		.220
Ajuste Ca	$\text{Ca Cl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	100		112

FUENTE: Tomado de Harris (1974) (19)

En el pequeño laboratorio se contaba con los aparatos necesarios para la preparación de las soluciones nutritivas por ejemplo: parrilla eléctrica, balanza analítica, básculas, - potenciómetros, papel pH, utensilios de acero inoxidable, - espátulas, agitadores, recipientes de cristalería, frascos, cubetas, bolsas de plástico, papelería, etc.

Para la preparación de la solución se realizaban los siguientes pasos: el pesado de los fertilizantes y sustancias en seco, según se indicara en la fórmula, utilizando la balanza analítica para los micronutrientes y una báscula para los macronutrientes. Una vez pesados los micronutrientes se envasaban en bolsas de plástico para ser trasladados a los tambos de agua. Las sales EDTA y el Fe se disolvían en agua tibia y se colocaban en frascos, a esta mezcla se añadía también el Boro, agregando un poco más de agua tibia. Las sustancias se trasladaban al tambo de 200 litros correspondiente, mezclando cada una de éstas, pesadas por separado en una cubeta con la misma agua del tambo, incorporando la mezcla a éste último sin dejar de agitar.

Se toma el pH de la solución ya preparada mediante una tira de papel pH o con un potenciómetro portátil. El pH óptimo en estos cultivos era de 6.5 ± 3 , si había necesidad de ajustarlo se utilizaban soluciones de ácido sulfúrico o de hidróxido de potasio.

Para formular las tres soluciones nutritivas utilizadas

en este trabajo, se tomaron de los fertilizantes anteriores las cantidades que se indicaban en las fuentes de información seleccionadas. Cada fórmula tiene dos etapas dependiendo del desarrollo del cultivo, la primera, abarca desde el momento del trasplante hasta el principio de la floración, con una duración de 50 días, a partir de este momento se inicia la segunda etapa, la cual abarca desde la floración al término de la cosecha, con una duración de 90 días. Debido a la observación de anomalías en el fruto ("Blossom end Root"), provocadas por una posible deficiencia de calcio, hubo la necesidad de ajustar las soluciones nutritivas con un aumento de 100 p.p.m. de $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ en cada una de ellas, este aumento está indicado en las fórmulas como ajuste. También se aplicaron cuatro aspersiones foliares de una solución de 4% de Ca en agua, estas aplicaciones se realizaron una cada tercer día.

El ajuste de las fórmulas se realizó al principio de la segunda etapa.

Las fórmulas utilizadas se seleccionaron de la siguiente información:

La utilizada en el tratamiento N° 1, se tomó de las experimentadas para cultivo de jitomate en la estación del Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego, ubicada en Durango (CENAMAR). Cuadro 5.

La utilizada en el tratamiento 2, se realizó tomando como base los siguientes estudios, que son hasta el momento un gran adelanto en el método para formular soluciones nutritivas; todas ellas investigaciones realizadas por Steiner. (29, 30 y 31) ver Cuadro 6.

La fórmula 3, se adquirió de la recomendada por Harris (1974). (19) ver Cuadro 7.

Todas las fórmulas utilizadas fueron ajustadas según el contenido de sales de agua, marcado por el análisis practicado en la Comisión Nacional de Fruticultura que se especificó en el punto 3.3.2.

3.6 Toma de datos.

3.6.1 Temperatura del invernadero.

La temperatura se registraba dos veces al día, la primera lectura a las 8:00 a.m. y la segunda a las 2:00 p.m., utilizando un termómetro de máxima y mínima. Cuadro 8.

3.6.2 Parámetros de las plantas.

Las plantas seleccionadas como elementos de muestra a las que se les tomaban las medidas, se extraían de sorteos aleatorios realizados cada quince días. El tamaño de la muestra fue de 20 plantas por tratamiento, calculado por el método de tamaño de la muestra de Sokal and Rohlf. (20, 28).

3.6.2.1 Altura del tallo.

Se utilizó un flexómetro de 2 metros de largo, se media la planta desde la base del tallo hasta la punta del último -- brote. Las medidas se tomaban cada 15 días, a partir de -- los 30 días después del trasplante y durante 3 meses y me-- dio, dando un total de 7 mediciones. Cuadro 9.

3.6.2.2 Cantidad, peso y diámetro de los frutos.

Estos datos se tomaron los dos últimos meses del cultivo, - cada tercer día, durante el período de duración de la cose- cha. El fruto se colectó manualmente en su primera etapa - de maduración, cuando presentaba un color naranja, los fru- tos cosechados se contaban y se les medía el diámetro con - un calibrador Vernier, tomando la parte del pecíolo como re ferencia, posteriormente se pesaban uno por uno en una bás- cula, registrando los resultados en las tablas, para des--- pués practicárseles las pruebas estadísticas. Cuadro 10.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

Para mostrar los resultados obtenidos se elaboraron Cuadros donde se especifican los datos de las mediciones de temperatura, altura de las plantas, diámetro y peso de los frutos, así como gráficas que muestran el crecimiento de las plantas y la producción total. Los datos se sometieron a diferentes pruebas estadísticas. (11, 14, 20, 28)

Se tomaron medidas en el gasto de agua con los siguientes resultados:

Gasto por planta diario	550 ml
Gasto total durante el desarrollo del cultivo	35,000 l.

En el cuadro 8 se especifican los promedios de temperatura máxima y mínima durante el cultivo del jitomate, se observa que en el mes de junio las temperaturas fueron muy elevadas, hubo cuatro días con máxima de 45°C. En el mes de diciembre las temperaturas descendieron en tres ocasiones hasta -2°C, la variación entre temperaturas diurna y nocturna fue muy amplia debida a una deficiente ventilación del invernadero, ya que éste carecía de ventanas laterales y las puertas no eran suficiente para esta función. Esta fluctuación dió como resultado un menor rendimiento debido a una -

4. RESULTADOS:

CUADRO 8.

Promedios de temperaturas máxima y mínima durante los meses de vida del cultivo:

MESES	MAXIMA °C	MINIMA °C
Junio	38.4	9.7
Julio	36.3	10.9
Agosto	33.3	9.2
Septiembre	29.2	16.8
Octubre	35.0	10.0
Noviembre	31.2	3.8
Primeros 15 días de dic.	32.8	1.8

mayor evaporación del agua, que ocasionó a su vez sequedad en los agregados, siendo necesario aumentar los riesgos. Con respecto a ésto, existió el problema de que en ocasiones el acceso a los invernaderos no era posible por encontrarse cerrado el Vivero, ésta situación provocó falta de riego esos días, haciendo más susceptibles de enfermedad a las plantas, aunado a ésto, el problema de la falta de calcio antes mencionado, ayudó a que se presentara la enfermedad "Blossom end Root", la cual se inició en las plantas -- del tratamiento 3, generalizándose después, causando una -- disminución aproximada del 30% en la producción total, dato calculado por la cantidad de frutos abortados con esta enfermedad.

Para solucionar este problema se modificaron las soluciones nutritivas, aumentándose 100 p.p.m. de calcio en los tres -- cultivos. Posteriormente, se observó una respuesta positiva, aumentando la floración y el crecimiento de las plantas. Las bolsas utilizadas como recipiente del cultivo no fueron lo suficientemente amplias, ya que la raíz de las -- plantas quedaba muy reducida en ellas, pudiendo ser un límite en su crecimiento.

El sistema de muestreo utilizado para tomar las mediciones de altura se basó en seleccionar por sorteo un número determinado de plantas para medirse, a las cuales se les sacaba su promedio y se les aplicaba el análisis de varianza a un

CUADRO 11

ANALISIS DE VARIANZA DE LOS DATOS DE ALTURA DE LA PLANTA
EN LA ULTIMA MEDICION

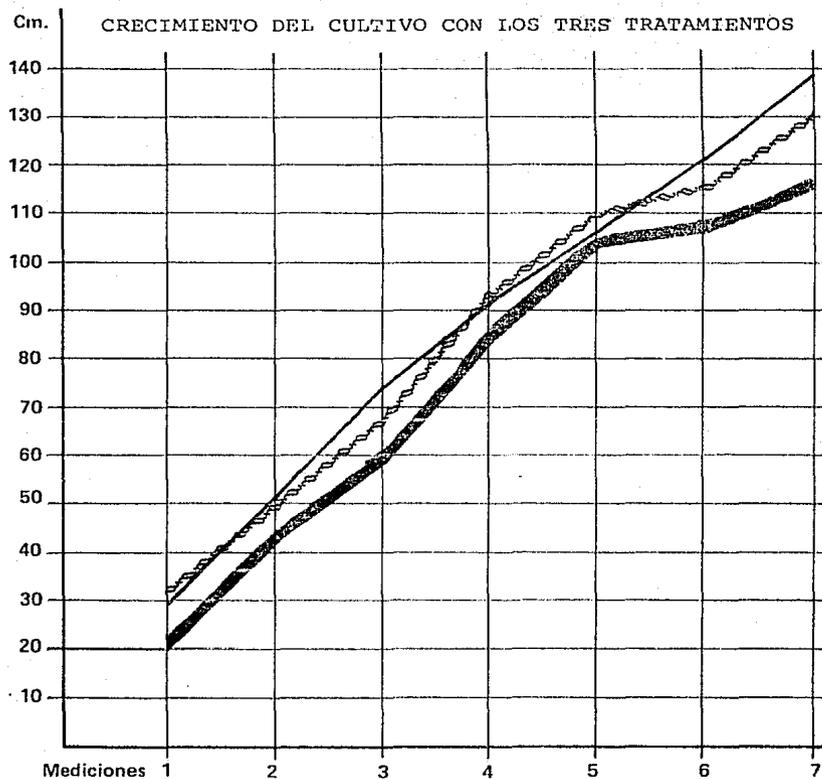
Fuente de Variación	GL		SS		MS		FS	
	Fórmula	Valor	Símbolo	Valor	Fórmula	Valor	Fórmula	Valor
Entre Tratamientos	$a-i$	2	6	4311	$\frac{6}{(a-1)}$	2155.5	$\frac{MS \text{ grupos}}{MS \text{ dentro}}$	6.87
$y-\bar{y}$ dentro de grupos	$a(n-1)$	57	7	17880	$\frac{7}{a(n-1)}$	313.6		
$y-\bar{y}$ Total	$(an-1)$	59	5	22191				

$$F_{0.05} (2,57) = 3.15 \quad F_{0.01} (2,57) = 4.98$$

Prueba de Tukey

Tratamientos		
\bar{y}_I	\bar{y}_{II}	\bar{y}_{III}
116.5	131.2	137.5

Gráfica 1



SOLUCIONES

Tratamientos	1a.	2a.	3a.	4a.	5a.	6a.	7a.
I	21.0	43.0	59.0	83.0	105.0	106.0	116.5
II	32.0	50.0	68.0	94.0	110.0	116.0	131.0
III	29.0	51.0	73.0	92.0	106.0	121.0	137.5

95% de confiabilidad. De las siete mediciones, se tomó en cuenta la última. En la gráfica 1 se puede observar que - las tres últimas mediciones presentan más diferencia entre sí que las anteriores.

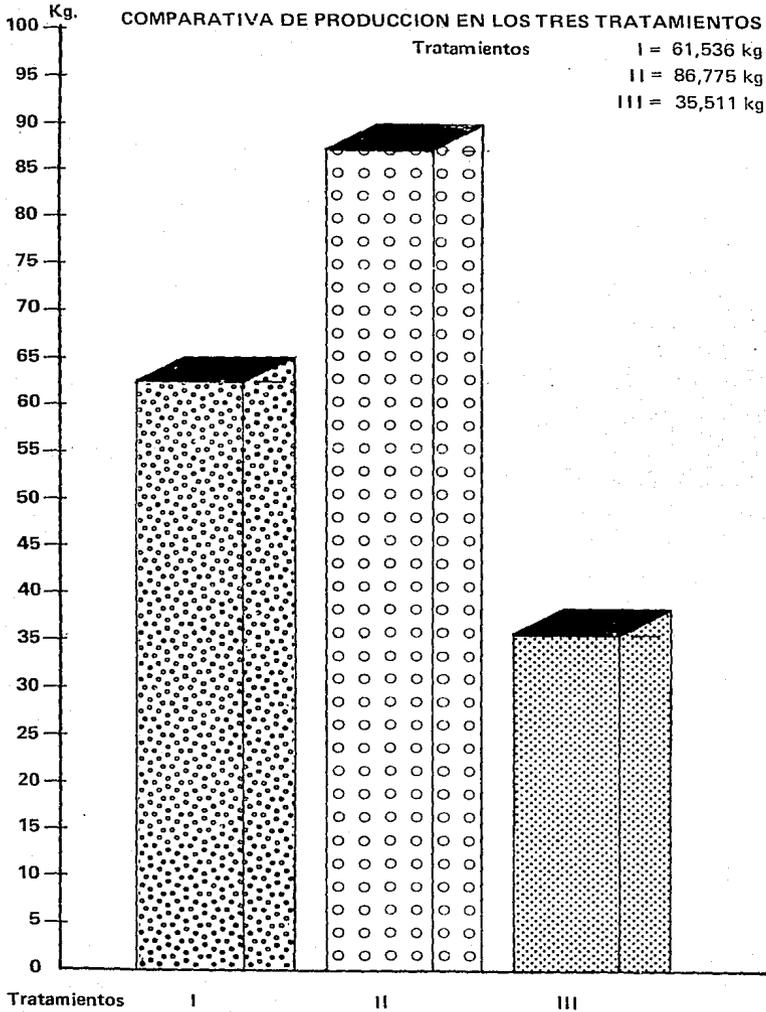
En relación con la producción, su muestreo fue diferente, se tomaron todas las plantas y al resultado de su cosecha se le aplicó la prueba de χ^2 para comparar los tres tratamientos. Ver cuadro 12.

En la gráfica 2 y los cuadros 10, 11, 12 y 13, se puede observar que el tratamiento 2 obtuvo los valores más altos - en las variables.

Considerando que para interpretar estos resultados, es necesario analizar las fórmulas nutritivas de los tres trata mientos evaluados, observamos que las diferencias entre - ellas se encuentran principalmente en los macronutrientes nitrógeno, fósforo y calcio.

Del nitrógeno es importante hacer notar que la fuente de - adquisición fue a partir del sulfato de amonio por contarse con el de antemano en los invernaderos, según Steiner - (29, 30, 31), este ión no es recomendable para cultivos hi dropónicos. Para alcanzar las p.p.m. de nitrógeno requeri das en las fórmulas fue necesario administrar gran canti- - dad de amonio. El exceso de amonio se manifiesta con la - quemadura de las hojas y un ligero encurvamiento de éstas hacia afuera, síntomas observados en las plantas del trata

Gráfica 2



CUADRO 10

PESO, DIAMETRO Y CANTIDAD DE FRUTOS

TRATAMIENTO DIAMETRO PESO TOTAL CANTIDAD PESO \bar{X} /FRUTO

I	4.2 cm.	61.536 Kg.	995 frutos	61.9 gr.
II	4.5 cm.	86.775 Kg.	1135 frutos	76.5 gr.
III	3.8 cm.	35.511 Kg.	794 frutos	44.8 gr.

CUADRO 9

MEDIDA DE ALTURA (Cm) PROMEDIO DE LAS PLANTAS

MEDICIONES	TRATAMIENTOS			Cm.
	I	II	III	
1a.	21.2	32.0	29.0	
2a.	42.7	50.0	50.7	
3a.	58.6	67.9	73.1	
4a.	83.0	93.6	91.7	
5a.	105.0	110.2	106.0	
6a.	106.2	115.8	121.4	
7a.	116.5	131.2	137.5	

CUADRO 12

**RESULTADOS DE LA PRUEBA χ^2 PARA LA PRODUCCION
EN LOS TRES TRATAMIENTOS**

Tratamientos	I	II	III	
Prod. observada	61,536 kg	86,775 kg	35,511 kg	
Prod. esperada	61,274 kg	61,274 kg	61,274 kg	GL = 2 $\chi^2 = 22,565$

Tratamientos	I	II	
Prod. observada	61,536 Kg	86,775 kg	
Prod. esperada	74,1555kg	74,1555 kg	GL = 1 $\chi^2 = 4,295$

CUADRO 12 Continuación

Tratamientos	II	III	
Prod. observada	86,775 kg.	35,511 kg	
Prod. esperada	61,143 kg	61,143 kg	GL = 1 $\chi^2 = 21,490$

Tratamientos	I	III	
Prod. observada	61.536 kg	35.511 kg	
Prod. esperada	48.523 kg	48.523 kg	GL = 1 $\chi^2 = 6,978$

CUADRO. 13

MAXIMAS Y MINIMAS DE DIAMETRO Y PESO DE LOS FRUTOS

DIAMETRO (Cm)

	SOL I	SOL II	SOL III
Máximo	7.6 cm.	8.6 cm.	7.5 cm.
Mínimo	2.0 cm.	2.0 cm.	1.6 cm.

PESO (gr)

	SOL I	SOL II	SOL III
Máximo	194 gr.	244 gr.	165 gr.
Mínimo	20 gr.	25 gr.	18 gr.

miento 3 principalmente. En el tratamiento 2 donde la concentración del sulfato de amonio se redujo de 300 a 93 p.p.m. en la segunda etapa, los síntomas desaparecieron y los resultados fueron los mejores en producción y tamaño del fruto; sin embargo el uso de este ión en hidroponia no es el más conveniente, debiéndose usar nitrato de amonio.

Tratándose del fósforo, la fórmula del tratamiento 2 contenía la menor concentración de este elemento en relación con los tratamientos restantes, lo que indica que esta concentración fue suficiente para un buen desarrollo de las plantas, porque de lo contrario se presentarían en ellas síntomas de deficiencia. Analizando las concentraciones de calcio, los tres tratamientos tuvieron una baja concentración de este elemento en la primera etapa, solucionándose al realizarse los ajustes necesarios en la segunda etapa.

Con el fin de obtener una apreciación de la calidad de los frutos obtenidos en las cosechas realizadas, se tomaron las máximas y mínimas de diámetro y peso del fruto, al observar los cuadros 10 y 13, los resultados indican que con la solución del tratamiento 2 se obtuvieron frutos de mayor calidad. Desde el punto de vista económico, cabe mencionar que el gasto de agua fue mínimo como se especificó en los resultados, dato muy importante si se piensa en la producción de alimentos en un medio urbano, donde el agua es muy escasa y costosa.

5. CONCLUSIONES

Como se hizo notar en la discusión, la falta de ventilación, la escasez en los riegos y la deficiencia de calcio, ocasionaron enfermedades fisiológicas, las que seguramente afectaron la producción.

Al observar los resultados obtenidos, el tratamiento 2 presentó en la generalidad de los casos mayor producción y calidad de los frutos, por lo que se concluye que la fórmula de la solución nutrimental de este tratamiento con los ajustes de calcio aplicados en la segunda etapa, fue la más adecuada para el cultivo de jitomate (Licopersicon esculentum L.), --ésto se debe a un mejor balance iónico, el cual es muy importante para una adecuada nutrición de las plantas.

Es necesario recalcar que los cultivos hidropónicos de hortalizas, son una alternativa a seguir en los lugares que presentan problemas cada vez mayores para la disponibilidad de verduras frescas y de buena calidad, como sucede en las urbes donde existen grandes asentamientos humanos.

6. RECOMENDACIONES

Para lograr una mayor producción, así como mejorar la calidad de los frutos, es recomendable modificar la secuencia de los riegos, aumentando uno más al día, así como el tiempo de goteo en cada aplicación, ésto aumentará la humedad permitiendo una mejor nutrición de las plantas, no obstante que el gasto de agua aumentaría en un tercio más.

En el caso de que se contara con un sistema de recuperación de agua de lluvia, es factible utilizarla en el riego.

En relación con las sustancias utilizadas para la elaboración de la solución nutrimental, no es recomendable el uso del ión amonio, en su lugar debe emplearse el KNO_3 (Nitrato de Potasio), y el CaNO_2 (Nitrato de Calcio) para evitar la quemadura de las hojas y la disminución del tamaño y cantidad de los frutos.

Un mayor tamaño de las bolsas utilizadas como recipientes de cultivo, darían más libertad de crecimiento a la raíz; la utilización de camas de cultivo de 80 cm. a 1 m. de ancho y el largo que se desee, es más recomendable. Estas darían un espacio abierto para el desarrollo de la raíz. El material de construcción depende de la capacidad económica del interesado, pudiendo ser de madera, plástico, fibra de vidrio, etc.

Se recomienda que el agregado principal sea el más accesible económicamente y el más cercano al lugar de instalación de los invernaderos (pómex, tezontle, arena de río, etc.), tres partes de agregado base se deben mezclar a una parte de otro agregado con mayor retención de humedad como la argolita, el insulex, la perlita o la vermiculita.

7. BIBLIOGRAFIA

1. Alpi, A. y F. Tognoni. Cultivo en Invernadero 1a. Ed. (1975) Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 243 pp.
2. Bentley, M. (1974) Hidroponics Plus O'Connors Printers, Sioux Falls, South Dakota, U.S.A. 232 pp.
3. Bidwell, RGS. (1983) Fisiología Vegetal 1a. Ed. AGT Editor. México, D.F. 784 pp.
4. Devlin, R.M. (1976) Fisiología Vegetal Editorial - Omega. Barcelona. 517 pp.
5. Díaz Godinez G. (1983) Estudios Comparativos de los Sistemas de Cultivo Hidropónico Tradicional y Tradicional Modificado en Invernadero en la Producción de Crisantemo Tesis UNAM Iztacala, México, D.F.
6. Douglas, S.J. (1951) Hydroponics (The bengal system) 1a. Ed. Oxford University Press' Bombay, India. 185 pp.
7. Durany, U.C. (1977) Hidroponia 2a. Ed. Editorial - Sintes, S.A. Barcelona. 101 pp.

8. Gordon, R.H. y J.A. Horticultura 1a. Ed. AGT Editor Barden. (1984). México, D.F. 723 pp.
9. Hernández M. (1983). Valor Nutritivo de los Alimentos Mexicanos. Tablas de uso práctico. Instituto Nacional de la Nutrición. México, D.F. 34 pp.
10. Jones, L. (1977). Home hydroponics ... and how to do it! 1a. Ed. Ward Ritchie - Press Book. New York. 148 pp.
11. Little, T.M. y F.J. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Hills. (1984). 5a. Ed. Editorial Trillas. México, D.F. 270 pp.
12. Publicación S.E.P. (1981). Tomates. Manuales para la educación agropecuaria. Editorial Trillas. México, D.F. 56 pp.
13. Maeda, C.M. (1983). El uso de los plásticos en la agricultura. Memorias. Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego. SARH Gómez Palacio, Dgo. México, D.F. 290-390 pp.
14. Murray, R Spiegel (1970). Estadística. Schaum Mc Graw Hill. México, D.F. 89 pp.

15. Nicholls R.E. (1949) Beginning Hydroponics Running Press. Pennsylvania.
16. Penningsfeld, F.K. Cultivos hidropónicos y en turba y P. Kurzmann (1983) 2a. Ed. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. 343 pp.
17. Raymond, D. (1985) Horticultura práctica. Vols. I y II. 1a. Ed. Editorial Blume, S.A. Barcelona. 372 pp.
18. Resh, H.M. (1981) Hydroponics food production. 2a. Ed. Woodbridge Press Publishing Company. U.S.A. 287 pp.
19. Richter G. (1979) Fisiología del Metabolismo de las plantas sin tierra. Editorial Sintesis. CECSA. Bogotá, Colombia.
20. Rohlf F.J. and R.R. Sokal (1969) Statistical Tables. W.H. Freeman and Company. San Francisco. California. U.S.A. 250 pp.
21. Rojas G.M. (1972) Fisiología vegetal aplicada. Editorial Mc Graw Hill. México, D.F. 252 pp.
22. Salisbury F.B. and C.L. Ross (1978) Plant physiology. Wads worth publishing Co. Inc. California. U.S.A.

23. Sánchez del C.F. y E.R. Escalante (1981) Hidroponia un sistema de producción. Universidad Autónoma de Chapingo. PATUACH. México. 176 pp.
24. Scagel F.R. Etal (1977) El reino vegetal. Editorial Omega. Barcelona.
25. Serrano Z.C. (1979) Cultivo de hortalizas en invernadero. 1a. Ed. Editorial Aedos. Barcelona. 359 pp.
26. Seymour J. (1981) La vida en el campo. 1a. Ed. Editorial Blume. Barcelona. 256 pp.
27. Seymour J. (1981) El horticultor autosuficiente. 1a. Ed. Editorial Blume. Barcelona. 256 pp.
28. Sokal R.R. y F.J. Rohlf (1979) Biometría - Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. 1a. Ed. Editorial H. Blume Ediciones. Madrid. España. 831 pp.
29. Steiner A.A. (1966) The influence of the chemical composition of a nutrient solution on the production of tomato plants. Reprint from plant and soil. Vol. 24 454-466 pp.

30. Steiner A.A. (1980) The selective capacity of plants for ions and its importance for the composition and treatment of the nutrient solution. Fifth international congress on soilless culture the Netherlands. 96 pp.
31. Steiner A.A. (1984) The universal nutrient solution. Sixth international congress on soilless culture the Netherlands. 650 pp.
32. Torres Ruiz E. (1983) Agrometeorología. Editorial Diana. México, D.F. 150 pp.

8. APENDICE, INDICE DE ESQUEMAS, GRAFICAS Y CUADROS.

		<u>Página</u>
<u>ESQUEMAS</u>		
1	Posición de los lotes experimentales en el invernadero.	38
2	Sistema de riego.	43
<u>GRAFICAS</u>		
1	Crecimiento del cultivo con los tres tratamientos.	61
2	Comparativa de producción en los tres tratamientos.	63
<u>CUADROS</u>		
1.	Ventajas del cultivo sin suelo frente al tradicional.	8-9-10
2	Valor nutritivo del jitomate.	34
3	Sales fertilizantes utilizadas en el cultivo.	48
4	Porcentaje de pureza de las sales.	49
5	Composición química y concentración (ppm y gramos por litro) de la solución nutritiva para el Tratamiento 1.	50

6	Composición química y concentración (ppm y gramos por litro) de la solución nutritiva para el Tratamiento 2.	51
7	Composición química y concentración (ppm y gramos por litro) de la solución nutritiva para el Tratamiento 3.	52
8	Promedio de temperaturas máxima y mínima durante los meses de vida del cultivo.	58
9	Medida de altura (cm) promedio de las plantas.	65
10	Peso, diámetro y cantidad de <u>fr</u> utos.	64
11	Análisis de varianza de los datos de altura de la planta en la última medición.	60
12	Resultados de la prueba X^2 para la producción en los tres tratamientos.	66 - 67
13	Máximas y mínimas de diámetro y peso de los frutos.	68