

870132

Universidad Autónoma de Guadalajara ⁵_{2e}

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
ESCUELA DE INGENIERIA AGRICOLA



“ADAPTACION DEL SISTEMA HIDROPONICO PARA LA PRODUCCION DE HORTALIZAS A NIVEL FAMILIAR”

FALLA DE ORIGEN

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRICOLA AREA AGROECOSISTEMAS
PRESENTA

RAFAEL MARQUEZ BRITO

GUADALAJARA, JALISCO. 1987



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.

INDICE GENERAL:

	pag.
1. Introducción	1
2. Objetivos	4
3. Preguntas de Investigación	5
4. Literatura Revisada	6
4.1. Definición de hidroponía	6
4.2. Historia	6
4.3. Fisiología vegetal	8
4.4. Técnicas hidropónicas	11
4.5. Solución nutritiva	14
4.6. Sustratos o agregados	15
4.7. Ventajas de la hidroponía	18
4.8. Desventajas de la hidroponía	21
4.9. Especies que se pueden cultivar en hidroponía	22
4.10. Trabajos de aplicación práctica en México	24
5. Materiales y Métodos	26
5.1. Localización del experimento	26
5.2. Clima	26
5.3. Materiales	27
5.3.1. Material de construcción y manejo	27
5.3.2. Material vegetal	27
5.3.3. Material químico	27

5.4. Métodos	28
5.4.1. Armado de las camas hidropónicas	28
5.4.2. Esterilización del sustrato o agregado	29
5.4.3. Preparación de la solución nutritiva	29
5.4.4. Siembra de la calabacita	30
5.4.5. Siembra del rábano	31
6. Resultados	37
6.1. Primera producción de calabacita	37
6.2. Segunda producción de calabacita	38
6.3. Primera producción de rábano	39
6.4. Segunda producción de rábano	39
6.5. Costos de producción en hidroponía de calabacita	42
6.6. Costos de producción en hidroponía de rábano	42
6.7. Costos de producción de calabacita en el campo	43
6.8. Costos de producción de rábano en el campo	43
6.9. Precios al público de calabacita y rábano	44
6.10. Análisis del agua	44
7. Discusiones	45
8. Conclusiones	49
9. Resumen	51
10. Literatura citada	53
11. Apéndice	54

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS:

CUADRO #		Pag.
1	Cantidad y peso promedio de cada corte de calabacita de la primera producción.	40
2	Cantidad y peso promedio de cada corte de calabacita de la segunda producción.	41
3	Cantidad y peso promedio de la primera cosecha de rábano.	41
4	Cantidad y peso promedio de la segunda cosecha de rábano.	42
5	Contenido de vitaminas y minerales de algunas hortalizas (por 100 gramos de producto comestible).	54
6	Temperatura y precipitación media mensual y temperaturas extremas de la ciudad de Guadalajara de los meses de agosto de 1986 a marzo de 1987 (Proporcionados por La residencia especializada de aguas superficiales de la SARH)	54
7	Análisis de una muestra (1 kilogramo) de jal realizado por el laboratorio de suelos y apoyo técnico de la cuenca Lerma-Chapala-Santiago a cargo del químico José Epe. Mejía Balmori.	55

- 1 Lámina de asbesto estructural de 2 x 1 metro. 32
- 2 Lámina de asbesto colocada sobre los tripies, con muros en ambos extremos (enjarrados en el interior) y colocación del desagüe. 32
- 3 Colocación del alambre y protección de porción de cámara de lianta para ayudar a soportar el peso del contenido de la cama. 33
- 4 Colocación del material inerte (grava y jal) y del tambo de 200 litros. 33
- 5 Corte trasversal de la lámina de asbesto para observar colocación del material inerte en cada extremo. 34
- 6 Corte longitudinal de la lámina de asbesto para observar la colocación del material inerte a lo largo de la cama. 35
- 7 Colocación de las plantas de calabacita sobre la cama hidropónica. 36
- 8 Colocación de las plantas de rábano sobre la cama hidropónica. 36

1. INTRODUCCION:

1

El sistema hidropónico se ha venido utilizando ampliamente en diversos países en los últimos años.

Sanchez y Escalante (1981) definen el término como, un sistema de producción en el que las raíces de las plantas se riegan con una mezcla de elementos nutritivos esenciales, disueltos en agua y en el que en vez de suelo se utiliza un material inerte, como sustrato o simplemente la misma solución.

INEGI (1987) reporta que, la superficie total de la tierra es de 509.9 millones de kilómetros cuadrados, de los cuales 148.9 millones son de tierras emergidas. De este total de tierras emergidas el 10.9% (que equivalen a 16.2 millones de kilómetros cuadrados), son áreas agrícolas de temporal y solamente el 1.9% (que equivale a 2.8 millones de kilómetros cuadrados), son áreas agrícolas de riego, por lo que la utilización del agua es de suma importancia.

INEGI (1987) afirma que, la superficie total de la república mexicana es de 1'958,201 kilómetros cuadrados, de los cuales 1'953,128 son de superficie continental y 5,073 son de superficie insular. De la superficie continental el 28.3% equivalen a zonas semiáridas con un total de 552,700 kilómetros cuadrados, en la cual la precipitación es inferior a los

750 milímetros anuales y en las cuales se observa una agricultura de temporal muy riesgosa. En estas zonas la temperatura oscila en 30 grados centígrados durante el día. La densidad de población en estas zonas es de apenas 16 habitantes por kilómetro cuadrado, mientras que el promedio nacional es de 34 . Por lo general los habitantes de estas zonas se encuentran alejados de los centros de producción de hortalizas por lo que el transporte resulta costoso, elevando el precio de los productos.

En el caso de la población urbana y rural, la primera disfruta de todos los beneficios de una central de abastos en donde puede adquirir hortalizas frescas durante todo el año y la segunda tiene que comprarlas a intermediarios que las venden mucho más caras, por lo que una producción a nivel familiar de hortalizas resultaría beneficioso, ya que en las zonas rurales viven 22.6 millones de habitantes del total que es de 66.8 , según INEGI (1987).

El sistema hidropónico es ideal para las zonas semiáridas debido al poco consumo de agua. Douglas (1978) menciona que los cultivos hidropónicos requieren 20 veces menos agua que un cultivo en tierra ya que son por lo general lechos impermeables y hay recirculación del agua.

La hidroponía entre otras de sus ventajas ofrece altas producciones. Pennisfeld y Kurzmam (1983) reportan que el

jitomate (Lycopersicon esculentum) produce de 100 a 200 toneladas por hectárea en hidroponía y en el suelo de 10 a 30; el pepino (Cucumis sativus) produce en hidroponía de 100 a 200 toneladas por hectárea y en el suelo de 10 a 30; la zanahoria (Daucus carota) produce en hidroponía de 55 a 75 toneladas por hectárea y en el suelo de 15 a 20 y el chile (Capiscum annuum) que produce de 60 a 80 toneladas por hectárea en hidroponía y en el suelo de 20 a 30.

El hombre a través de su existencia en la tierra se ha visto en la necesidad de alimentarse con plantas ya que estas proporcionan una buena cantidad de vitaminas y minerales en especial si éstas están frescas, ya que es cuando tienen su más alto contenido nutricional (TABLA # 4, APENDICE), por lo que se ha visto en la necesidad de idear nuevas técnicas para obtenerlas frescas durante todo el año sin importar las condiciones climáticas ni edáficas, esto es en relación a las zonas en donde las condiciones mencionadas no proporcionan los medios para el desarrollo de la agricultura, siendo esta una de las razones por la cual ha existido la motivación para la realización del presente trabajo.

2. OBJETIVOS:

4

Los objetivos que se pretenden alcanzar con el presente estudio son los que a continuación se mencionan:

- a) Desarrollar un sistema hidropónico a nivel familiar de manejo y construcción sencillo, adaptado a materiales económicos de fácil adquisición y a las condiciones de México.
- b) Desarrollar un sistema hidropónico a nivel familiar que nos permita obtener hortalizas frescas durante todo el año.
- c) Desarrollar un sistema hidropónico a nivel familiar que nos permita obtener hortalizas frescas en regiones donde las condiciones climáticas y edáficas no son las adecuadas para un cultivo en el suelo, al extrapolar la información obtenida del estudio.

3. PREGUNTAS DE INVESTIGACION:

Para el desarrollo del presente estudio, se parte de las siguientes preguntas de investigación, cuyas respuestas nos darán la solución.

- 1.- ¿Qué tan difícil es diseñar y explotar un sistema hidropónico?
- 2.- ¿Qué materiales pueden usarse para un sistema hidropónico?
- 3.- ¿Es posible desarrollar un sistema que nos permita obtener hortalizas en cualquier época del año?
- 4.- ¿Es posible explotar un sistema hidropónico a nivel familiar que nos proporcione hortalizas frescas?
- 5.- ¿Resulta económico construir y explotar un sistema hidropónico para la producción de hortalizas a nivel familiar?
- 6.- ¿Es posible que este sistema sirva para obtener hortalizas durante todo el año en poblaciones alejadas de los centros de producción o en lugares con condiciones agroclimáticas adversas?

4. LITERATURA REVISADA:

4.1. Definición de hidroponía.-

Sanchez y Escalante (1981) mencionan que, el término hidroponía tiene su origen en los vocablos griegos "hydro" o "hudos" que ambos significan agua, y "ponos" que quiere decir trabajo o actividad. Literalmente equivaldría a "trabajo del agua" o "actividad del agua".

Sanchez y Escalante (1981) definen al término hidroponía como un sistema de producción en el que las raíces de las plantas se riegan con una mezcla de elementos nutritivos esenciales, disueltos en agua y en el que en vez de suelo, se utiliza como sustrato un material inerte, o simplemente la misma solución.

Huterwal (1979) define a la hidroponía como un método de cultivo sin tierra que consiste en proveer a las plantas los alimentos que tienen necesidad para su crecimiento, no por medio de su hábitaculo natural, la tierra, sino por medio de una solución sintética de agua y de sales minerales diversas.

4.2. Historia.-

Experimentos hidropónicos se han venido realizando desde hace muchos años. Douglas (1978) afirma que, la historia

antigua hace mención de Teofastro (372-285 a. de c.) el cual realizó diversos experimentos del orden hidropónico.

Sanchez y Escalante (1981) mencionan que, Jan Van Helmont en el año de 1600, creyó haber probado que las plantas obtenían sus nutrimentos del agua, su experimento lo realizó con una planta de sauce.

Penninsfeld y Kurzmann (1983) afirman que, en el año de 1699 Woodward logró hacer crecer Hierbabuena en agua solamente; así mismo mencionan que Du Hamel en 1758 llegó a la conclusión por medio de un experimento hidropónico que las plantas no solo tomaban agua sino elementos disueltos en ella.

Sanchez y Escalante (1981) citan a, De Sausure en 1804 y Boussingault de 1851 a 1856, que demostraron que las plantas contienen dióxido de carbono, oxígeno, hidrógeno y nitrógeno por medio de un cultivo hidropónico en arena, agua y carbón.

Huterwal (1979) afirma que, el gran bioquímico Justus Van Liebig en 1840 publica su libro sobre la aplicación de la química orgánica a la agricultura y fisiología para lo cual se valió de experimentos hidropónicos.

Sanchez y Escalante (1981) afirman que, Sacks en 1860 y Knops de 1861 a 1865 fijaron las bases para el surgimiento de la hidroponía y publicaron las primeras fórmulas de soluciones nutritivas, de las cuales se han desarrollado muchas más.

Así mismo la hidroponía comercial ha venido alcanzando niveles muy altos de producción. Huterwal (1979) menciona que, corresponde al Dr. Wn. F. Gericke, profesor asociado de fisiología vegetal de la Universidad de California, el mérito de haber comenzado en 1938 a realizar cultivos sin tierra a gran escala, además de haber sido el primero en utilizar el término "hidroponía".

Huterwal (1979) menciona que, numerosos científicos han contribuido para aumentar los conocimientos acerca de los cultivos hidropónicos, como Schimper, Crone, Pfeffer, Hoagland, Shive, Tollens y Tottingham, los cuales han realizado diversos experimentos de los cultivos sin tierra.

4.3. Fisiología vegetal.-

La nutrición de las plantas en los sistemas hidropónicos se basa principalmente en la fisiología vegetal. Miller (1981) reporta que, los elementos esenciales mayores son Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Fósforo, Potasio, Nitrógeno, Azufre, Calcio, Hierro y Magnesio; y elementos esenciales menores son Boro, Cobre, Manganeso, Molibdeno y Zinc. También menciona que, cada elemento tiene una función o varias funciones en la planta. Del Carbono, Oxígeno e Hidrógeno es conocida su función ya que son los componentes del agua, aire y bióxido de carbono. En el caso de los demás elementos se mencionará a continuación su función:

- a) Nitrógeno: Es importante en la formación de proteínas, estimula el crecimiento vegetativo y aumenta el color verde de las hojas, su carencia influye en el aumento de fibra y da un color amarillento a las hojas.
- b) Fósforo: Es componente de la Lecitina y de los ácidos nucleicos, es necesario para ciertos procesos enzimáticos como la producción de alcohol a partir de azúcares, su deficiencia ocasiona un crecimiento lento y las plantas son enanas en su madurez.
- c) Potasio: Es necesario para la síntesis de azúcares y almidón, transporte de hidratos de carbono, reducción de nitratos, síntesis de proteínas y división normal de la célula, las plantas con deficiencia de este elemento crecen achaparradas y al final se secan además de que las semillas no maduran.
- d) Magnesio: Forma parte de la molécula de clorofila por lo que su deficiencia ocasiona clorosis en la planta además de que es esencial para la producción de aceite en la planta.
- e) Calcio: Se combina con ácidos orgánicos los cuales serían tóxicos en forma libre; este elemento tiende a acumularse en las hojas.
- f) Azufre: Es indispensable para la formación de la clorofila

además de que forma parte del aminoácido denominado cistina, del glutatión y de los glucósidos del aceite de mostaza que dan el sabor a las cebollas, rábanos y coles; su deficiencia se refleja en que las hojas presentan un color verde pálido.

g) Hierro: Es necesario para la formación de la clorofila aunque no forma parte de la molécula, además forma parte de la catalasa, peroxidasa, oxidasa del citocromo y probablemente de los citocromos, su deficiencia ocasiona clorosis.

h) Cobre: Forma parte de la porción no proteínica de las enzimas oxidantes como la oxidasa del ácido ascórbico y la tirosinasa, puede resultar tóxico en cantidades ligeramente mayores de lo necesario.

i) Manganeso: Actúa como catalizador accesorio en las reacciones de oxidación-reducción, su exceso ocasiona que la planta no pueda aprovechar el hierro.

j) Boro: No ha sido determinada su función pero se cree que es necesario para la síntesis de proteínas y la división celular.

k) Zinc: Es un activador de muchos sistemas enzimáticos, forma parte de la anhidrasa carbónica y es necesario para la síntesis del ácido indolacético.

l) Cobalto: No es necesario para las plantas superiores pero

lo utilizan bacterias, algas y hongos para sintetizar ciertas sustancias.

m) Molibdeno: Actúa en la reducción de los nitratos y es uno de los ultramicronutrientes.

Estos son los elementos que necesita la planta para su desarrollo, crecimiento y reproducción, así como para la formación de fruto.

4.4. Técnicas hidropónicas.-

En los cultivos hidropónicos existen diversas técnicas para la producción principalmente de hortalizas, flores, forraje verde y algas, en las cuales por lo general se puede producir todo el año. Las técnicas mencionadas son las que a continuación se describen, según Penningsfeld y Kurzmann (1983):

a) Cultivo en agua: Es cuando las plantas se colocan sobre un lecho de sustrato colocado sobre una malla metálica situada sobre una balsa llena con la solución, donde las raíces permanecen siempre sumergidas, pudiendo tomar tanto el agua como los elementos nutritivos. Este tipo de cultivo no ha tenido gran aceptación en explotaciones comerciales ya que a menudo no es posible mantener todas las condiciones de crecimiento en forma adecuada y esto es principalmente por la aereación de la solución y el contenido de sales de esta.

b) Cultivo en arena: Consiste en colocar arena previamente lavada como sustrato para las raíces de las plantas y agregar periódicamente el agua con la solución, la cual puede o no recircular. Las ventajas de este sistema es que se olvida uno de las malas hierbas y el sustrato es barato, pero tiene sus desventajas y es la falta de aireación cuando se utilizan sustratos muy finos. Se ha utilizado con éxito en algunas explotaciones comerciales.

c) Cultivo en grava: Consiste en utilizar la grava como sustrato para las raíces, las cuales reciben los nutrientes y el agua en forma continua con espacios breves de descanso ya que la grava no puede retener la humedad. Por lo general los cultivos en grava se riegan de una a tres veces al día dependiendo de la especie cultivada y del tamaño de las partículas de grava, entre más gruesa más veces de riego necesita. El cultivo en grava permite una mejor aireación, aumento de la producción de un 10 a 30% y una mejor calidad del producto. Su desventaja son los altos costos de las instalaciones.

Sanchez y Escalante (1991) mencionan que, existen otros tipos de cultivos hidropónicos los cuales se describirán a continuación:

a) Cultivo en macetas de Bentley: Consisten en bolsas de polietileno negro las cuales se rellenan con una mezcla de

vermiculita, turba vegetal, arena de río lavada y carbón vegetal, al cual se le agrega en seco yeso y superfosfato simple y finalmente se añade una solución de 60 litros de nitrato de potasio, sulfato de magnesio, quelatos de hierro y borax. El problema que presenta ese sistema es que la solución no se recupera.

b) Película nutritiva: Consiste en hacer circular por un canal de polietileno negro, en el cual se encuentran las plantas en macetas con sustrato, una lámina muy delgada de agua con sales en solución las cuales recirculan.

c) Producción intensiva de forraje verde: Consiste en colocar semilla remojada por 24 horas de cebada en charolas de fibra de vidrio a las cuales se les aplica 4 riegos diarios de solución, la cual recircula, y esto está dentro de un cuarto con clima o extractor de aire; el forraje se cosecha cada 7 días pero como se tienen 7 niveles que se están renovando diario, entonces se obtienen producciones diarias de forraje verde.

d) Aeroponía: Consiste en colocar las plantas en orificios hechos en tubos o cajas de color negro y las raíces se riegan cada determinado tiempo o en algunos casos se coloca un nebulizador que está trabajando todo el tiempo y no en períodos. Con esta técnica las plantas se desarrollan adecuadamente debido a que las raíces de las plantas tiene una buena aeración.

e) Producción de algas: Esta se puede realizar en estanques con solución nutritiva o tubos transparentes donde está circulando la solución.

Según Sanchez y Escalante (1981) existen otras técnicas de cultivo hidropónico pero estas caen en la clasificación anteriormente mencionada.

4.5. Solución Nutritiva:

La hidroponia se fundamenta principalmente en la solución nutritiva artificial. Huterwal (1979) menciona que, en el método hidropónico las condiciones que ofrece la tierra para la nutrición de las plantas se superan debido a que la solución nutritiva artificial ofrece a la planta los nutrientes necesarios para realizar sus funciones por lo que las raíces no tiene que extenderse mucho como ocurre en el campo, ya que esto ocasiona un gasto de energía.

Las soluciones nutritivas se preparan en base a los elemento anteriormente señalados que necesitan las plantas, algunos no se agregan en forma de sales por que se encuentran como impurezas de estas, principalmente los micronutrientes.

Penningsfeld y Kurzman (1983) reportan que, puede prescindirse de un control continuo de las soluciones en las instalaciones hidropónicas cuando se sustituyen dichas

soluciones ya usadas cada dos, tres, o cuatro semanas por otras nuevas.

Con numerosos ensayos se ha determinado el pH preciso para las principales especies hortícolas. Huterwal (1979) reporta que, el rango de pH para las siguientes especies es: melón, sandía y tomate de 5.5 hasta 6; apio, betabel, coliflor, calabaza, esparrago, calabacita, rabano, nabo y zanahoria de 6.7 hasta 7 y para el pepino de 7 hasta 7.5 .

Para preparar soluciones nutritivas se necesitan conocimientos básicos de fisiología vegetal y de química; sino se cuenta con éstos, se puede recurrir a las soluciones ya preparadas y recomendadas que se encuentran impresas en diversos libros.

4.6. Sustratos o agregados.-

El medio de sostén de las raíces de las plantas en hidroponia se le denomina sustrato o agregado dependiendo del autor. Penningsfeld y Kurzmann (1983) afirman que, los sustratos más utilizados en hidroponia son los que a continuación se describen:

a) Grava de piedra pomez: Garantiza buena sanidad siempre que se extraiga de las partes más profundas y no tenga mezcla de tierra.

- b) Ladrillo molido: Es apropiado siempre que sea pobre en cal, ya que dado su sistema de fabricación está libre de plagas.
- c) Grava de cuarzo: Es apropiada cuando los granulos no sean muy gruesos y sin puntas, su desventaja es el alto precio y la frecuencia de riegos que hay que aplicar debido a su baja absorción.
- d) Granito molido: Este material se ha utilizado con éxito en la compañía sueca denominada "Elektroflora", debido a sus buenas características.
- e) Grava de río: Se necesita que sea pobre en cal y de granulometría adecuada, esto es, que no sea muy fina para que pueda permitir la aereación.
- f) Arenas: Las arenas de cuarzo son las más adecuadas como sustrato, no obstante su costo puede ser elevado, por lo tanto se utilizan para ensayos generalmente.
- g) Vermiculita: Se trata de silicato de aluminio con la estructura de la mica y que contiene magnesio e hierro.
- h) Escorias: Estas son de coque o de carbon de hulla, no se recomiendan como sustrato por su alto contenido de boro, sulfitos y productos tóxicos, aunque se pueden eliminar con un tratamiento preliminar.

i) Sustancias sintéticas expandidas: Estas se han producido en los últimos años con resultados muy diversos.

j) Biolastón: Son acículas de cloruro de polivinilo (PVC), coloreadas de negro que se venden como sustrato para cultivos hidropónicos.

Sanchez y Escalante (1981) afirman que, existen otros sustratos o agregados que son los siguientes:

a) Perlita: Es un material volcánico natural con propiedades semejantes a la arena, y se puede utilizar en hidroponía una vez cribada y calentada a 1,000 grados centígrados, ya que con esto se expande y se forma un material blanco o grisáceo, de baja densidad y estéril. A la perlita así tratada también se le conoce con el nombre de argolita.

b) Aserrín: Tiene propiedades semejantes a la vermiculita pero se tiene que tener mucho cuidado ya que puede residuos fitotóxicos de resinas de algunas maderas.

En el caso de México aunque la hidroponía no está muy desarrollada los sustratos que se utilizan más comúnmente son el Tezontle negro o rojo y el Jal.

4.7. Ventajas de la hidroponia.-

Como todo sistema, la hidroponia ofrece ventajas muy favorables en su funcionamiento, producción y manejo, las cuales se mencionarán a continuación, según Sanchez y Escalante (1981):

a) Balance ideal de agua, nutrientes y aire: Dada las características del sistema es posible mantener tanto el aire como el agua dentro del nivel óptimo requerido para cada especie y el problema de la falta o pérdida de nutrientes desaparece con este sistema.

b) Humedad uniforme: Esta puede ser uniforme ya que está controlada y se evita la pérdida en el rendimiento de la planta por exceso o falta de humedad.

c) Excelente drenaje: Los sustratos que sirven de sostén permiten una aeración eficiente sin acumulación de agua.

d) Permite una mayor densidad de población: Como los nutrientes no son un factor limitante la densidad se puede aumentar de un 10 a un 30%.

e) Se puede corregir fácil y rápidamente la deficiencia o exceso de un nutriente: En el caso de un sistema hidropónico esto es cosa de unos días, comparado con el suelo, que puede ser hasta de años o nunca corregirse y además es costoso.

f) Perfecto control del pH: Ya que el sustrato es inerte es muy fácil mantener el pH de la solución.

g) Más alto rendimiento por unidad de superficies: Esto se debe a las ventajas anteriormente señaladas.

h) Mayor calidad del producto: El producto obtenido es uniforme en color peso y tamaño ya que los factores se encuentran controlados.

i) Mayor precocidad en los cultivos: Se ha comprobado que aún al aire libre estos maduran, dependiendo de la especie que se trate, de 10 a 60 días antes de lo normal.

j) Posibilidad de cultivar repetidamente la misma especie: Ya que el sustrato se puede esterilizar fácilmente y no es necesaria la rotación de cultivos para mantener la fertilidad se puede cultivar la misma especie durante todo el año.

k) Se pueden producir varias cosechas al año.

l) Se requiere mucho menor cantidad de espacio para producir el mismo rendimiento que las cosechas obtenidas en el suelo.

m) Ahorro en el consumo de agua: Esto existe si hay recirculación de la misma por un periodo determinado, al final del cual se cambia o no.

n) Reducción de los costos de producción.

o) Posibilidad de una automatización del riego y luz artificial casi completa.

p) Uniformidad en el tamaño de los cultivos.

q) Proporciona excelentes condiciones para la germinación de bulbos.

r) Se puede utilizar agua con un alto contenido de sales: Esto se logra adaptando la fórmula de nutrientes de acuerdo a la cantidad de sales que contenga esta.

s) Mayor limpieza e higiene.

t) Posibilidad de enriquecer los alimentos producidos con minerales.

u) Posibilidades de utilizar materiales nativos y/o de desecho.

v) Posibilidades de utilizar mano de obra no calificada: Esto tiene gran importancia económica en países donde la desocupación representa un problema grave ya que la hidroponía proporciona trabajo continuo durante todo el año.

w) Se reduce en gran medida la contaminación del ambiente y los riesgos de erosión.

x) Casi no hay gasto de maquinaria agrícola.

y) La recuperación de lo invertido es rápida, dependiendo el cultivo que se siembre y del sistema utilizado.

4.8. Desventajas de la hidroponia.-

Estas se pueden deshechar teniendo conocimientos adecuados, el capital necesario, eficiente manejo y agua durante todo el año. Estas son las que a continuación se mencionan según Sanchez y Escalante (1981):

a) Requiere para su manejo a nivel comercial de conocimiento técnico combinado con la comprensión de los principios de fisiología vegetal y de química orgánica.

b) A nivel comercial el gasto inicial es relativamente alto debido a la infraestructura necesaria.

c) Se requieren ciertos cuidados con los detalles: Esto se refiere a no preparar bien la solución nutritiva, no darle pendiente adecuada a la cama lo que provoca ahogamiento de las raíces y un nivel óptimo de pH.

d) Se requiere conocer y cultivar la especie que se tiene en el sistema.

e) Requiere de un abastecimiento continuo de agua.

4.9. Especies que se pueden cultivar en hidroponia.-

Las especies que se cultivan en hidroponia son principalmente las horticolas. ya que de estas se obtienen altos rendimientos. Las principales especies horticolas que se cultiva en hidroponia son: tomate, pepino, rábano, calabacita, col, coliflor, zanahoria, chile, pimiento, fresa, lechuga, apio, cebolla, betabel, endivia, entre otras. Las especies florales son: claveles, crisantemos y rosas principalmente. Existen especies ornamentales como la dracena, el celón y la aralia que se pueden cultivar en este medio.

A continuación se describirán dos especies que pueden ser cultivadas en hidroponia:

a) Calabacita (Cucurbita pepo L.):

Clasificación taxonomica según Sanchez (1980):

División: Fanerógamas
 Subdivisión: Angiospermas
 Clase: Dicotyledoneae
 Orden: Cucurbitales
 Familia: Cucurbitaceae
 Género: Cucurbita
 Especies: pepo

Generalidades según Fersini (1979): Originaria de América tropical, fue introducida en Europa en el siglo XVI. Prefiere el clima templado cálido. Suelos sueltos, profundos, frescos provistos de materia orgánica.

Descripción botánica según Fersini (1979): Planta herbácea anual. Hojas amplias, palmeadas, de color verde mate y ásperas. Flores unisexuales, gamopétalas, de color amarillo dorado. Frutos en forma de porra alargada de color verde que se recolectan cuando alcanzan una tercera parte de su tamaño antes de que se seque la pulpa. Contienen una gran cantidad de semillas planas y puntiagudas en un extremo.

b) Rabano (Raphanus sativus L.):

Clasificación taxonómica según Sanchez (1980):

División: Fanerógamas
 Subdivisión: Angiospermae
 Clase: Dicotyledoneae
 Orden: Rhoeadales
 Familia: Cruciferae
 Género: Raphanus
 Especie: sativus

Generalidades según Fersini (1979): Originario de Europa oriental prefiere los climas templados y los terrenos frescos suaves y bien drenados. Presenta cierta resistencia a las bajas temperaturas.

Descripción botánica según Fersini (1979): Planta

herbácea. Hojas alternas sin estipulas. Flores actinomorfas, hermafroditas, racimosas y sin brácteas ni bracteolas. El fruto es una silícula dehisciente. Se consume la raíz que puede tener diversas formas desde redonda hasta alargada y puede ser roja o combinada con blanco, y es un sabor algo picante.

4.10. Trabajos de aplicación práctica en México:

Se han realizado algunos trabajos acerca del tema, pero ninguno referente a calabacita y rábano. Existen tres tesis en la Universidad de Guadalajara que son las siguientes: "Productividad del cultivo sin suelo a nivel familiar, ensayo con jitomate (Lycopersicon esculentum)", presentada por Arturo Curiel Ballesteros. Guadalajara, Jalisco 1980. Trata del cultivo hidropónico del jitomate en macetas de Bentley para que las familias de la ciudad de México D.F. puedan producir sus alimentos en las azoteas de sus casas. "Cultivos hidropónicos en azoteas bajo condiciones de invernadero", presentada por Juan Pedro Corona Salazar. Las aguías, Municipio de Zapopan, Jalisco 1982. Trata del cultivo de jitomate por medio de un sistema hidropónico de irrigación superficial, sin recirculación de agua, para la producción de alimentos en las ciudades. "Sistemas de producción hidropónicos", presentado por Jaime Santillan Santana. Guadalajara, Jalisco diciembre 1984. Es una tesis bibliográfica la cual trata acerca de las diversas técnicas de cultivo hidropónico.

En los alrededores de la ciudad Puebla el Lic. Fausto Ortega fabrica invernaderos de fibra de vidrio en los cuales instala un sistema hidropónico para que las familias puedan producir sus alimentos en su casa. El invernadero es de 2 por 3 metros, con camas de fibra de vidrio, el sistema de riego funciona con una pequeña bomba conectada a un reloj para dar los tiempo de riego, el material de sostén es tezontle rojo y la fórmula de nutrición la vende ya preparada.

En 1982 una compañía denominada "Cultivos hidropónicos" empezó a vender en supermercados de reconocido prestigio unas cajas verdes de plástico que contenían perlita en las cuales se podían sembrar hortalizas, la fórmula para la solución la vendían preparada en sobres, el riego se realizaba manualmente, el espacio que ocupaba era de 0.80 por 0.40 metros, pero esta compañía cerró por motivos que se desconocen.

Así mismo la Universidad Autónoma de Chapingo ha realizado diversos estudios recientes del orden hidropónico a cargo del Dr. Salvador Alcalde Blanco, pero son ya con miras a una producción comercial.

5. MATERIALES Y METODOS:

5.1. Localización del experimento.-

El experimento se estableció de agosto de 1986 a marzo 1987, en una finca cercana a la Universidad Autónoma de Guadalajara. La ciudad de Guadalajara se localiza a los 20 grados 41' de latitud norte y 103 grados 21' de longitud oeste, con una altitud de 1560 m.s.n.m., siendo la capital del estado de Jalisco.

5.2. Clima.-

El período caluroso se registra de marzo a octubre y el más frío de diciembre a febrero, templado subhúmedo, (A) C(w) (w) a(c)g, con una precipitación de 800 a 1,000 m.m. anuales en promedio, heladas promedio 10.2 días, granizo promedio 2 días, neblina promedio 12.4 días, rocío promedio 4.8 días, (el promedio se estableció tomando los datos del año de 1986 y los datos fueron proporcionados por la Residencia Especializada de Aguas Superficiales de la SARH). La temperatura promedio anual es de 20.6 grados centígrados, la temperatura máxima extrema es de 37 grados centígrados y la mínima de 2 grados centígrados.

5.3. Materiales.-

5.3.1. Material de construcción y manejo:

Lamina de asbesto	Tripie de fierro
Alambre	Cámara de lianta
Tubo de fierro	Tanque de fierro
Báscula	Cubeta
Tela de mosquitero	Abrazaderas
Jeringa	Papel higiénico
Bomba de aplicación	Charola
Plástico	Ladrillo
Cemento	Arena
Grava	Jal

5.3.2. Material vegetal:

Semilla de calabacita (Cucurbita pepo L.) variedad Grey
Zuchinne.

Semilla de rábano (Raphanus sativus L.) variedad Champion.

5.3.3. Material quimicos:

Hipoclorito de calcio	$(ClO)_2 Ca$
Superfosfato triple	$(PO^4)_3$
Sulfato de calcio	$SO^4 Ca$
Sulfato ferroso	$SO^4 Fe$
Sulfato de magnesio	$SO^4 Mg$

Nitrato de potasio	NO_3K
Sulfato de amonio	$\text{SO}_4^{\text{H}}(\text{NH}_4)_2$
Aqua	H_2O
Azufre humectable	Fungicida
Metamidofos	O,-S-Dimetil fosforoamidoato (Insecticida)

5.4. Métodos.-

Se procedió de la siguiente manera:

5.4.1. Armado de las camas hidropónicas:

Se cortó una lámina de asbesto estructural de 4.88 por 1 metro en 2 láminas de 2 por 1 metro (ver FIGURA # 1). Se colocó cada una sobre dos tripies de fierro, levantándose en un extremo de la lámina un muro de ladrillos con mezcla de cemento, arena y agua y se enjarró con la misma mezcla, para no dejar pasar la humedad, y se realizó lo mismo con la otra lámina. En el otro extremo se colocaron tres tubos en cada uno de los tres canales de la lámina y sobre ellos se levantó un muro al igual que se hizo en el otro extremo, repitiéndose el mismo procedimiento en la segunda lámina. Se le colocó a cada tubo un capuchón de tela de mosquitero sujetado con una abrazadera para que realizara las funciones de filtro, (ver FIGURA # 2). Se colocaron tres alambres alrededor de ambas láminas con unos protectores de cámara de llanta para que

ayudaran a contener la lámina (ver FIGURA # 3). Se colocó la grava en los tres canales de cada una de las láminas de asbesto estructural y también en el extremo contrario a los tubos de desagüe, enseguida se relleno el resto con jal, (ver FIGURAS # 5 y 6). Se colocó un tambo o tanque metálico de 200 litros debajo de la salida de los tubos de fierro en ambas láminas (ver FIGURA # 4). Enseguida se le dió un pequeño declive para que el agua circulara y desaguara en el extremo deseado (tanque de fierro).

5.4.2. Esterilización del sustrato o agregado:

Se taparon los tubos de desagüe con un tapón de plástico que se introdujo en los tubos. Se hizo una solución de 750 gramos de Hipoclorito de calcio en 50 litros de agua para cada lámina. Se inundaron ambas camas con la solución y se dejaron así por 24 horas aproximadamente. Pasado este tiempo se destaparon los drenajes, se desaguó la lámina y se lavó el material 4 veces con agua limpia. Se dejaron aerear por 38 horas para que desapareciera cualquier residuo del Hipoclorito. Después de esto las camas están listas para usarse.

5.4.3. Preparación de la solución nutritiva:

Esta se prepara con 50 litros de agua a la cual se le agregan 3.2 gramos de Sulfato de Magnesio, 7.7 gramos de

Superfosfato Triple, 55 gramos de Nitrato de Potasio, 38 gramos de Sulfato de Calcio, 7 gramos de Sulfato de Amonio y 1 gramo de Sulfato Ferroso. Todas las sales que se utilizaron no son puras por lo que contienen trazas de micronutrientes.

5.4.4. Siembra de la calabacita:

Para probar el sistema se utilizaron en la presente Tesis únicamente dos hortalizas, aunque este puede ser aplicado para en el cultivo de otras hortalizas.

Se realizaron 2 siembras continuas de calabacita, ambas de igual manera, pero en la segunda se colocó un plástico para cubrir la cama y proteger las plantas de posibles heladas (ver FIGURA # 7).

Se sembraron 12 semillas de calabacita variedad Grey Zuchinne en arena de río en charolas metálicas, esterilizada con 2 litros de solución de Hipoclorito con el mismo procedimiento anterior. Se coloca una charola chica con perforaciones dentro de una más grande sin perforaciones, la chica conteniendo la arena y la grande la solución nutritiva en cantidad de 2 litros y el resto del tiempo se renueva el faltante de agua cada 2 días. Se transplantan 6 de las 12 plantas, y se les aplica los riegos cada 12 o 24 horas. El riego se realiza tomando la solución del tanque con una cubeta y vaciándola en el extremo opuesto sobre el vertedero. La

solución nutritiva se cambia cada 15 días. Se aplican insecticidas y fungicidas si es necesario. Se realizan los manejos adecuados del cultivo.

5.4.5. Siembra del Rabano:

Se realizaron 2 siembras continuas de rabano, ambas de igual manera, pero en la segunda se colocó un plástico para cubrir la cama y proteger las plantas de posibles heladas (ver FIGURA # 8).

Se colocaron 100 semillas de rabano sobre tiras de papel higiénico para que estas no se hundieran en el jal, enseguida se taparon con una capa delgada de jal y se les aplicaron 2 riegos al día (cada 12 horas), hasta su cosecha, el riego se realizó de la misma manera que con la calabacita. Se desahijaron hasta dejar un total de 75 plantas separadas 10 centímetros. Se aplican insecticidas y fungicidas si es necesario. Se realizan los manejos adecuados del cultivo.

FIGURA # 1 : LAMINA DE ASBESTO ESTRUCTURAL DE 2 X 1 METRO.

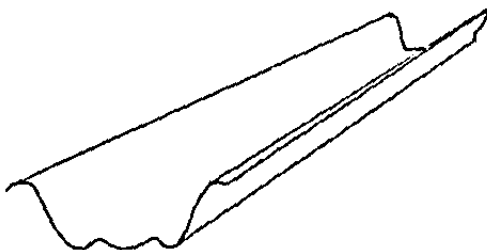


FIGURA # 2 : LAMINA DE ASBESTO COLOCADA SOBRE LOS TRIPIES, CON MURDS EN AMBOS EXTREMOS (ENJARRADOS EN EL INTERIOR) Y COLOCACION DEL DESAGUE.

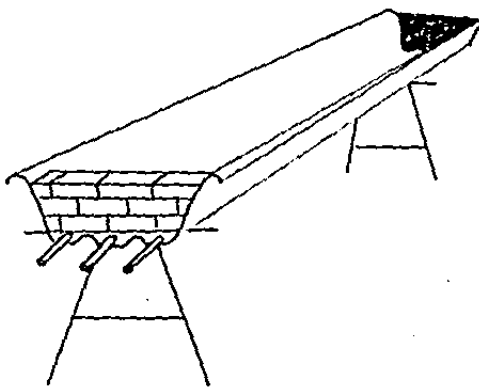


FIGURA # 3 : COLOCACION DEL ALAMBRE Y PROTECCION DE PORCION DE CAMARA DE LLANTA PARA AYUDAR A SOPORTAR EL PESO DEL CONTENIDO DE LA CAMA.

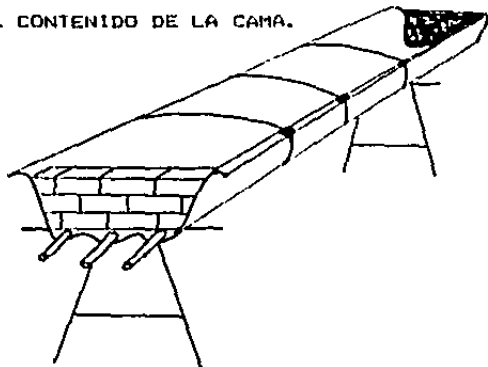


FIGURA # 4 : COLOCACION DEL MATERIAL INERTE (GRAVA Y JAL) Y DEL TAMBO DE 200 LITROS.

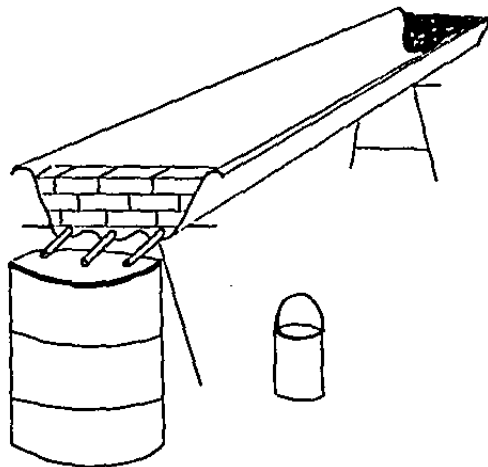


FIGURA # 5 : CORTE TRASNVERSAL DE LA LAMINA DE ASBESTO PARA
OBSERVAR COLOCACION DEL MATERIAL INERTE EN
CADA EXTREMO.

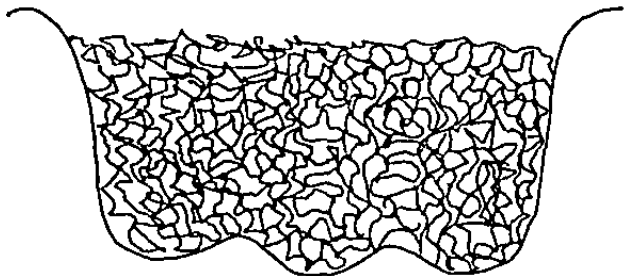
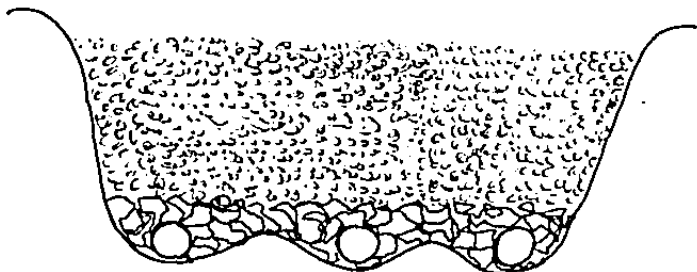


FIGURA # 6 : CORTE LONGITUDINAL DE LA LAMINA DE ASBESTO PARA
OBSERVAR LA COLOCACION DEL MATERIAL INERTE A LO
LARGO DE LA CAMA.

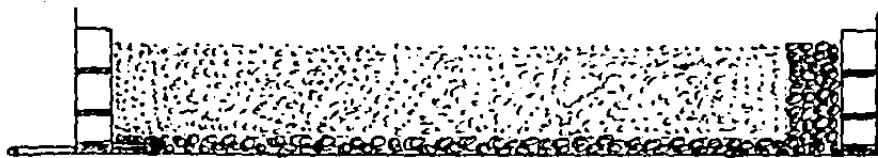


FIGURA # 7 : COLOCACION DE LAS PLANTAS DE CALABACITA SOBRE LA CAMA HIDROPONICA.

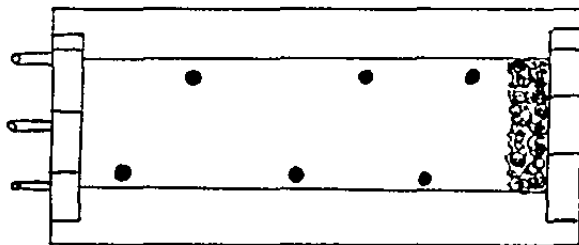
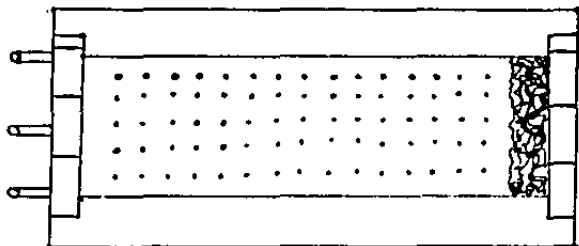


FIGURA # 8 : COLOCACION DE LAS PLANTAS DE RABANO SOBRE LA CAMA HIDROPONICA.



Los resultados del experimento fueron los siguientes:

El costo de construcción y equipo de manejo del sistema hidropónico para la calabacita es de 18,397.97 pesos; la inversión por ciclo (incluyendo semilla, insecticida y nutrientes) fue de 130.22 pesos, para el año de 1986.

El costo de construcción y equipo de manejo del sistema hidropónico para el rábano es de 15,307.97 pesos; la inversión por ciclo (incluyendo semilla, insecticida y nutrientes) fue de 19.05 pesos, para el año de 1986.

6.1. Primera producción de calabacitas:

Tuvo una duración del ciclo de 70 días. En el almácigo se utilizaron 3.540 litros de agua y 1.020 litros de solución. La cama se esterilizó 11 días antes del trasplante. Se cultivaron 6 plantas de calabacita. Se aplicaron riegos cada 12 horas, los primeros 20 días después del trasplante y el resto del tiempo se aplicaron riegos cada 24 horas. A los 21 días de siembra apareció cenicilla (*Erysihe cichoracearum*, según de Bayer 1984). Se realizaron 2 aplicaciones de Metamidofos y 2 de Azufre humectable (Proporción 5 ml. por un litro de agua de cada una) con 15 días de separación a partir de los 21 días de siembra. La flor estaminada (macho)

apareció a los 31 días de sembrada y la pistilada (hembra) a los 32 días. La solución se cambió cada 15 días (cuatro renovos de la solución nutritiva) con un gasto total de 91.3 litros de solución durante el ciclo y se tiraron 106.7 litros. La cosecha empezó a los 39 días de sembrada la semilla y se realizaron un total de 16 cortes con una producción de 156 calabacitas, con peso promedio de 96.7 gramos y un peso total de 15.085 kilogramos en 2 metros cuadrados de superficie (ver CUADRO # 1).

6.2. Segunda producción de calabacitas:

Tuvo una duración del ciclo de 72. días. Antes del trasplante se colocó un plástico para evitar el daño por heladas. En el almácigo se utilizaron 2.560 litros de agua y 0.710 litros de solución. La cama se esterilizó 10 días antes del trasplante. Se cultivaron 6 plantas de calabacita. Se aplicaron riegos cada 12 horas, los primeros 20 días después del trasplante y el resto del tiempo se aplicaron riegos cada 24 horas. A los 21 días de sembrada apareció cecicilla (Erysiphe cichoreacearum, según de Bayer 1984). Se realizaron 2 aplicaciones de Metamidofos y 2 de Azufre humectable (Proporción 5 ml. por un litro de agua de cada una) con 15 días de separación a partir de los 21 días de sembrada. La flor estaminada (macho) apareció a los 33 días de sembrada y la pistilada (hembra) a los 34 días. La solución se cambió cada 15 días (cuatro renovos de la solución nutritiva) con un

gasto total de 84.3 litros de solución durante el ciclo y se tiraron 111.7 litros. La cosecha empezó a los 41 días de sembrada la semilla y se realizaron un total de 16 cortes con una producción de 147 calabacitas, con peso promedio de 78.85 gramos y un peso total de 11.591 kilogramos en 2 metros cuadrados de superficie (ver CUADRO # 2).

6.3. Primera producción de rábano:

Se esterilizó la cama 9 días antes de la siembra, colocándose en papel higiénico 100 semillas las cuales no germinaron en su totalidad. A los 2 días de sembradas germinaron y a los 5 días desahijó para obtener un total de 75 plantas. Se aplicaron 2 riegos diarios (cada 12 horas) no se presentó ninguna plaga ni enfermedad. La solución nutritiva no se cambió y al final de la cosecha de los 50 litros sobraron 22.1 litros, o sea, que se utilizó un total de 27.9 litros. A los 25 días se realizó la cosecha obteniendo un total de 75 rábanos con peso promedio de 39.4 gramos y total de 2.996 kilogramos (ver CUADRO # 3).

6.4. Segunda producción de rábano:

Se esterilizó la cama 8 días antes de la siembra. Antes de la siembra se colocó un plástico para evitar el daño por heladas. Se colocó en papel higiénico 100 semillas las cuales no germinaron en su totalidad. A los 2 días de sembradas

germinaron y a los 6 días desahijó para obtener un total de 75 plantas. Se aplicaron 2 riegos diarios (cada 12 horas) no se presentó ninguna plaga ni enfermedad. La solución nutritiva no se cambió y al final de la cosecha de los 50 litros sobraron 21.5 litros, o sea, que se utilizó un total de 28.5 litros. A los 25 días se realizó la cosecha obteniendo un total de 75 rábanos con peso promedio de 38.48 gramos y total de 2.886 kilogramos (ver CUADRO # 4).

CUADRO # 1 Cantidad y peso promedio de cada corte de calabacita de la primera producción.

# de corte	Cantidad de calabacitas	Peso prom. en gramos
1	8	92
2	10	95.5
3	9	96.33
4	9	96
5	10	95.6
6	13	96.46
7	12	98.25
8	11	97.09
9	10	97.07
10	9	97.66
11	10	98.66
12	9	98.66
13	11	98.0
14	8	97.75
15	9	97.22
16	8	94.37

CUADRO # 2 Cantidad y peso promedio de cada corte de calabacita de la segunda producción.

# de corte	Cantidad de calabacitas	Peso prom. en gramos
1	5	76.8
2	8	76.5
3	9	78.33
4	10	80.6
5	12	78.91
6	10	79.2
7	10	80.2
8	10	78.5
9	12	79.75
10	11	78.72
11	10	79.6
12	8	79.0
13	7	78.71
14	9	79.22
15	8	79.3
16	8	78.5

CUADRO # 3 Cantidad y peso promedio de la primera cosecha de rábano.

# de rábanos	Peso promedio en gramos
26	40
27	41
9	38
13	39

**CUADRO # 4 Cantidad y peso promedio de la segunda cosecha de
rábano.**

# de rábanos	Peso promedio en gramos
23	37
28	39
11	38
8	40
5	41

**6.5. Costos de producción en hidroponía de calabacita (basado
en el precio para el año de 1986):**

Teniendo en cuenta que el sistema tiene una duración promedio de 5 años durante los cuales se cambiará cada año el plástico y una vez el jal, se pueden tener 24 cosechas y sobran algunos días para trabajos de esterilización y causas no previstas durante los 5 años. El costo total por producción en un ciclo (costo variable y fijo) es de 1,056.26 pesos por lo que en la primera cosecha de calabacita el costo por kilogramo es de 70.02 pesos y en la segunda de 91.13 pesos.

**6.6. Costos de producción en hidroponía de rábano (basado en
el precio para el año de 1986):**

Así mismo teniendo en cuenta que el equipo tiene una duración de 5 años durante los cuales se cambiará 4 veces el plástico y una vez el jal se pueden tener 65 cosechas y sobran

algunos días para trabajos de esterilización y causas no previstas durante los 5 años. El costo total por producción en un ciclo (costo variable y fijo) es de 313.43 pesos, por lo que en la primer cosecha de rábano el costo por kilogramo es de 104.61 pesos y en la segunda de 108.61 pesos.

6.7. Costos de producción de calabacita en el campo para el año de 1986:

Se realizó un estudio con ejidatarios de Santa Anita (localizada a 7 km. al sur de la ciudad de Guadalajara) para determinar costos de producción por kilogramo de calabacita, los cuales fueron de 43.82 pesos por kilogramo en terreno propio y de 71.60 pesos en terreno rentado cuando la producción tuvo un promedio de 21.6 tons. por hectarea.

6.8. Costos de producción de rábano en el campo para el año de 1986:

En el mismo estudio se determinaron los costos de producción por kilogramo de rábano (sin tomar en cuenta la parte aérea) los cuales fueron de 18.02 pesos por kgs. en terreno propio y de 63.48 pesos en terreno rentado, cuando la producción tuvo un promedio de 13.2 tons. por hectarea.

6.9. Precios al público de calabacita y rábano para el año de 1986 en la central de abastos de Guadalajara (menudeo):

Los precios al público de estas hortalizas varían durante todo el año. La calabacita cuando existe mucha oferta su precio se aproximó a los 140 pesos y cuando existió escasez llegó a los 450 pesos, por lo que un precio promedio sería de 285 pesos por kilogramo. En el caso del rábano este se vende por manojos que varía de 600 a 700 gramos (sin tomar en cuenta el peso de la parte aérea). Un promedio sería de 650 gramos de peso por manajo los cuales se venden al público desde 100 pesos cuando hay oferta y hasta 370 pesos cuando escasea, por lo que un precio promedio sería de 240 pesos, lo que equivaldría a 369.23 pesos por kilogramo. Como se dijo anteriormente los precios en las hortalizas son muy variables por lo que estos datos son solo una aproximación para el año de 1986.

6.10. Análisis del agua:

Se analizó el pH del agua y de la solución nutritiva utilizada resultando de 6.3 y 6.7 respectivamente.

7. DISCUSION:

En la primera producción de calabacita se tuvo lluvia durante el mes de agosto y septiembre, pero esta no presentó los daños que se pueden observar en el campo, ya que al tener como sustrato jal, este le proporciono un buen drenaje y además de tener la pendiente adecuada para evitar los encharcamientos o acumulaciones de agua. En el campo en la época de lluvias la planta de calabacita y su fruto presentan serios problemas de enfermedades tanto fisiológicas como fungosas por el exceso de agua, en cambio en la hidroponia no se presentó ningún problema. En la segunda cosecha la producción disminuyó debido a que se presentaron bajas temperaturas durante esos meses aunque éstas no afectaron directamente a la planta, debido al plástico que se colocó, pero si al peso del fruto pues solo se produjeron 9 calabacitas menos que en la primera cosecha y la producción disminuyó en 3.494 kilogramos con relación a la primera. En el campo en los meses de invierno la calabacita muere debido principalmente a heladas que se presentan, aunque existen lugares libres de heladas. En la primera producción de rabano a pesar de la humedad que se presentó en esos meses no existieron problemas en cuanto a enfermedades fisiológicas o fungosas debido al sustrato que se utilizó en el experimento. En la segunda cosecha de rabano este produjo 110 gramos menos que en la primera y esto se debió a que la temperatura disminuyó en esos meses, aunque también se le colocó el

plástico y además de que el rábano es más resistente a las bajas temperaturas que la calabacita.

Todos los precios que a continuación se presentan representan el promedio durante el año de 1986.

La calabacita producida en el campo resulta más barata que la producida en hidroponia ya que existe una diferencia de 26.20 pesos por kilogramo en la primera cosecha y una diferencia de 47.31 pesos por kilogramo en la segunda cosecha. Pero en los lugares donde se puede producir calabacita necesitan agua, suelo y clima adecuado por lo que en zonas que no tienen estas características no se puede producir en forma tradicional sino que se tienen que emplear alternativas como la hidroponia. En el caso del rábano también resulta más barato producirlo en el campo ya que existe una diferencia de costos de 86.59 pesos por kilogramo en la primera cosecha y de 90.58 pesos por kilogramo de diferencia en la segunda cosecha.

En el campo se pueden obtener dos cosechas de calabacita al año con uno o dos meses de corte cada una y en hidroponia se pueden obtener de cuatro a cinco cosechas al año con un mes de corte cada una. En el caso del rábano se pueden obtener hasta seis cosechas al año en el campo y en hidroponia se pueden obtener hasta trece cosechas al año, por lo que la hidroponia presenta una mejor alternativa de aumentar la producción.

En hidroponia se obtuvo mayor producción por metro cuadrado, ya que en el campo una buena producción de calabacita rinde 2.16 kgs. por metro cuadrado y en hidroponia la primera cosecha rindió 7.544 kgs. y en la segunda 5.795; En el caso del rábano en el campo una buena producción es de 1.32 kgs. por metro cuadrado (sin incluir el peso de la parte aérea) y en el sistema hidropónico se obtuvo en la primer cosecha 1.498 kgs. y en la segunda 1.443, en este caso no existió una diferencia apreciable como en el caso de la calabacita.

En cuanto al uso del agua solo se necesitaron 200 litros de agua por ciclo, para producir en la primera cosecha 15.085 kgs. de calabacita y en la segunda 11.591, de los cuales solo se utilizaron 91.3 litros en el primer ciclo y 86.3 litros en el segundo por lo que se puede observar un gran ahorro de agua. En el caso del rábano solo se utilizaron 50 litros por ciclo, para producir en la primera cosecha 2.996 kgs y en la segunda 2.886 kgs., de los cuales se utilizaron 27.9 litros en el primer ciclo y 28.5 en el segundo. El agua sobrante se puede utilizar para regar otros cultivos.

Tomando en cuenta el precio promedio de la calabacita en el mercado que resulta aproximadamente de 285 pesos por kilogramo es conveniente utilizar la hidroponia ya que tenemos un precio de 70.02 pesos por kilogramo en la primer cosecha y de 91.13 en la segunda, con lo cual existe una diferencia

apreciable de 214.98 pesos en el primer ciclo y de 193.87 en el segundo. En el caso del rábano se presenta algo semejante ya que el precio por kilogramo en el mercado en promedio es aproximadaemnte de 369.23 pesos y en hidroponia se presento de 104.61 pesos por kilogramo en el primer ciclo y de 108.60 pesos en el segundo, por lo que existe una diferencia de 264.64 pesos por kgs. en el primer ciclo y de 260.63 en el segundo.

En el caso del pH de la solución este se mostró ideal para ambas hortalizas ya que el rango para la calabacita y el rábano va de 6.7 a 7.0 .

El sistema hidropónico desarrollado demostró tener eficacia en cuanto al aumento general de producción al año, aumento del rendimiento por metro cuadrado, menor incidencia de enfermedades, mayor uniformidad en el cultivo, ahorro de agua y se presenta como una alternativa de producción de hortalizas en lugares con condiciones agroclimáticas adversas, al extrapolarse la información obtenida.

B. CONCLUSIONES:

Las conclusiones que se obtuvieron después de realizar el presente estudio son las siguientes:

1.- Diseñar un sistema hidropónico resulta sencillo, ya que solo es necesario construir un canal o recipiente, el cual contiene el material inerte y un sistema de desagüe con recirculación del agua además de que el riego se puede o no aplicar en forma manual. Para explotar este sistema es necesario conocer las bases principales de fisiología vegetal y química orgánica aunque se puede prescindir de estos conocimientos con una fórmula hidropónica recomendada por la literatura a este respecto para el cultivo.

2.- Los materiales usados en un sistema hidropónico pueden ser muy diversos, debido a que se pueden utilizar desde materiales muy costosos como canales de concreto y láminas de fibra de vidrio hasta canales de lámina de asbesto, cubiertas de polietileno y materiales de deshecho. Los materiales utilizados dependen de la región además de que se puede recurrir a los materiales nativos para utilizarlos de sustrato como el tezontle, jal, arena de río, etcetera.

3.- El sistema hidropónico puede proporcionar hortalizas frescas durante cualquier época del año, solo que en el invierno hay que colocar un plástico para evitar daños por bajas temperaturas o heladas.

4.- Si es factible un sistema hidropónico a nivel familiar, ya que resulta económico y su manejo es sencillo para que las familias produzcan sus hortalizas durante todo el año.

5.- Al principio la inversión es un poco costosa pero el equipo tiene un promedio de 5 años o más de duración. Para las familias resulta más económico producir sus hortalizas hidropónicamente que comprarlas, además de que su costo no varía como el caso de las hortalizas compradas en el mercado.

6.- El sistema hidropónico a nivel familiar se puede utilizar en poblaciones alejadas de los centros de producción y en lugares con condiciones agroclimáticas adversas al extrapolarse la información, debido a que tiene una alta producción por metro cuadrado utiliza un mínimo de agua, se puede construir con materiales de fácil adquisición o nativos, es de fácil manejo y se puede colocar en cualquier lugar dependiendo de los requerimientos de luz solar del cultivo y que no esté expuesto a vientos fuertes o heladas.

El sistema desarrollado se recomienda para una producción a nivel familiar, ya que resulta un poco costoso para utilizarse en una producción comercial. Así mismo se recomienda someter a prueba el sistema con otras hortalizas para probar su total eficiencia para este tipo de cultivos.

9. RESUMEN:

"Adaptación del sistema hidropónico para la producción de hortalizas a nivel familiar".

El presente estudio se realizó en una finca ubicada en las inmediaciones de la Universidad Autónoma de Guadalajara. Se cultivaron hidropónicamente las especies de Cucurbita pepo L. variedad Grey Zuchinne y Raphanus sativus L. variedad Champion, en un sistema construido con materiales de fácil adquisición en toda la república. Dada la actual importancia de la demanda mundial de hortalizas frescas y principalmente de la demanda nacional es necesario conocer y desarrollar otras alternativas de producción que reduzcan los costos, aumenten la producción por metro cuadrado y nos permitan obtenerlas frescas durante todo el año, aún en los lugares más apartados. Para este estudio se cultivaron las especies mencionadas en dos períodos o ciclos cada una, en camas del material poroso denominado jal, el cual se colocaba en una lámina de asbesto de 2 por 1 metro y se le aplicaban riegos cada 12 ó 24 horas dependiendo del cultivo con una cubeta, tomado la solución nutritiva de un tanque.

Los resultados fueron los siguientes: En la primera cosecha de calabacita se obtuvieron en un mes de cortes 15.085 kgs. y en la segunda 11.591 . Se gastaron 91.3 litros de solución (agua y nutrientes) para la primera cosecha y 83.3

litros en la segunda. En la primera cosecha de rábano se obtuvieron 2.996 kgs. y en la segunda 2.886 . Se gastaron 27.9 litros en la primera cosecha y 28.5 en la segunda. El sistema demostró eficacia en la producción de hortalizas.

Las conclusiones fueron las siguientes: Diseñar y explotar un sistema hidropónico resulta sencillo y de fácil manejo; los materiales utilizados pueden ser muy diversos, de fácil adquisición y económicos además de utilizar materiales nativos; puede proporcionar hortalizas frescas durante todo el año; es factible para una familia producir sus hortalizas hidropónicas resultando más económico para estas que comprarlas en el mercado, aunque la inversión inicial sea relativamente alta; este sistema puede utilizarse para producir hortalizas en poblaciones alejadas de los centros de consumo y en lugares con condiciones agroclimáticas adversas, al extrapolarse la información.

Se recomienda someter otros cultivos hortícolas a este sistema para probar su eficiencia y dar una alternativa de autosuficiencia en el abasto de hortalizas especialmente para las zonas mencionadas

10. LITERATURA CITADA:

- 1.- Douglas, J.S. 1978. "Hydroponics". Ed. Oxford University Press. 5ta. ed. México. p. 1-2, 84-86.
- 2.- Fersini, A. 1979. "Horticultura práctica". Ed. Diana. 2da. ed. México. p. 233-240, 444-448.
- 3.- Huterwal G.O. 1979. "Hidroponia". Ed. Albatros. 1ra. ed. Argentina. p. 3-11, 25-27, 111-112.
- 4.- I. de Bayer, M.L. 1984. "Fitopatología". Ed. Fortuna. 1ra. ed. México. p. 60.
- 5.- INEGI. 1987. "Agenda Estadística 1986". Ed. Talleres del INEGI México. p. 13, 23, 63.
- 6.- Miller, E.V. 1981. "Fisiología vegetal". Ed. UTEHA. 1ra. ed. México. p. 126-145.
- 7.- Penningsfeld F. y P. Kurzmann. 1983. "Cultivos hidropónicos y en turba". Ed. Mundiprensa. 2da. ed. Madrid. p. 17, 32-44, 57, 64-80, 238-243.
- 8.- Sanchez F. y E.R. Escalante. 1981. "Hidroponia". Ed. Patronato Universitario de la UACH. 1ra. ed. México. p. 11-21, 55-57, 95-109.
- 9.- Sanchez O. 1980. "La flora del valle de México". Ed. Herrero. 6ta. ed. México. p. 175-183, 384-388.

11. APENDICE:

CUADRO # 5 Contenido de vitaminas y minerales de algunas hortalizas (por 100 g. de producto comestible):

HORTALIZA	VITAMINAS				MINERALES		
	A (UI)	B1 (mcg)	B2 (mcg)	C (mcg)	Ca (mg)	P (mg)	Fe (mg)
Apio	0	40	50	7	50	40	0.5
Berengena	30	40	50	5	15	37	0.4
Calabacita	100	60	40	20	18	21	0.6
Coliflor	90	110	100	69	22	72	1.1
Espárrago	1000	160	190	33	21	62	0.9
Lechuga	200	40	80	7	24	25	0.5
Pepino	0	30	40	8	10	21	0.3
Rábano	30	30	20	24	37	31	1.0
Tomate	700	60	40	24	18	27	0.4
Zanahoria	10000	60	40	6	34	37	0.8

CUADRO # 6 Temperatura y precipitación media mensual y temperaturas extremas de la ciudad de Guadalajara de los meses de Agosto de 1986 a Marzo de 1987. (Proporcionados por la residencia especializada de aguas superficiales de la SARH)

MES	TEMP. MEDIA MENSUAL (gds. cent.)	PRECIPITACION. (m.m.)	TEMP. MAX. (gds. cent.)	TEMP. MIN. (gds. cent.)
Agosto	21.5	277.5	29.0	14.0
Septiembre	21.5	147.4	29.0	15.5
Octubre	20.0	78.9	28.0	10.5
Noviembre	19.9	28.5	31.0	7.0
Diciembre	17.8	Inap.	26.5	6.0
Enero	17.0	2.6	27.0	6.5
Febrero	17.5	28.0	30.0	8.0
Marzo	19.5	Inap.	20.0	8.5

CUADRO # 7 Análisis de una muestra (1 kilogramo) de jal
 realizado por el laboratorio de suelos y apoyo
 técnico de la cuenca Lerma-Chapala-Santiago, a
 cargo del químico José Gpe. Mejía Baltimor).

NUTRIENTES	Método utilizado	Resultados
Calcio	Morgan	Muy bajo
Potasio	"	Medio
Magnesio	"	Medio
Manganeso	"	Bajo
Fósforo	"	Bajo
Nitrógeno Nitríco	"	Bajo
Nitrógeno Amoniacal	"	Bajo
Materia Orgánica	Walkley Black	0.07