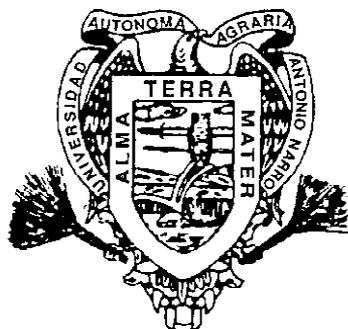


UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
DIVISION DE AGRONOMIA



"Evaluación de cuatro sustratos en hidroponía bajo el sistema vertical con el cultivo de chile"
(Capsicum annum L.)

Por:

PEDRO CANO

TESIS

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

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Junio de 1997

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

" ANTONIO NARRO "

DIVISION DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

" Evaluación de cuatro sustratos en hidroponia bajo el sistema vertical con el cultivo de chile" (*Capsicum annuum L.*)

POR:

PEDRO CANO

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo especialista en FITOTECNIA.

APROBADA:

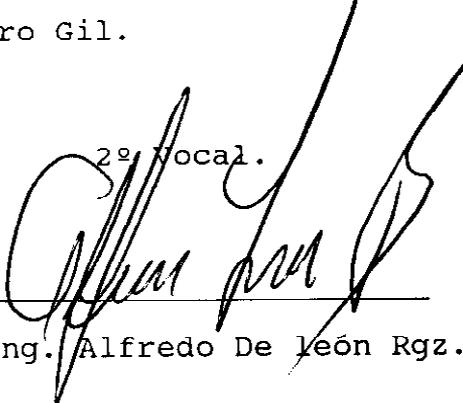
PRESIDENTE DEL JURADO.


M. C. Efraín Castro Gil.

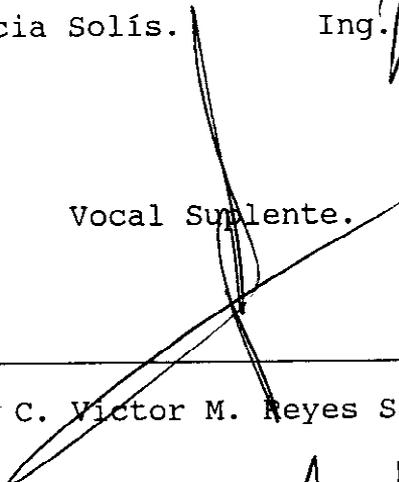
1er. Vocal.


Ing. Pedro E. Garcia Solís.

2º Vocal.


Ing. Alfredo De León Rgz.

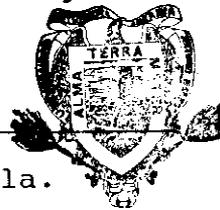
Vocal Suplente.


M. C. Victor M. Reyes Salas.

Coordinador de la División de Agronomía.


M. C. Mariano Flores Dávila.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"



División de Agronomía
Coordinación
Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Junio - 1997.

DEDICATORIA.**A MIS ABUELITOS:****Pedro Cano.****Angela Rodríguez.**

Por haberme brindado todo el apoyo y comprensión durante toda mi carrera, les agradezco con todo mi cariño y amor.

A MI MAMA.**GUILLERMINA CANO R.**

Por apoyarme y comprenderme durante toda mi carrera así que te lo agradezco con todo mi cariño y afecto sabiendo que no hay otra forma de pagar éste gran sacrificio que has hecho por mi.

A MIS AMIGOS.

RAYMUNDO, JUAN CARLOS, ROMAN, JOSE LUIS, NACHO, LIUS, JESUS, DAVID, EMANNUEL, VICENTE, les agradezco por apoyarme y brindarme su amistad durante toda mi carrera.

A MI " Alma Terra Mater "

Por brindarme su apoyo durante toda mi carrera.

AGRADECIMIENTO.

Deseo dejar esta constancia de agradecimiento para quienes de diversa manera, hicieron posible la conclusión del presente trabajo.

M. C. Efraín Castro Gil, por su valiosa asesoría en la
Investigación realizada.

Ing. Pedro García Solís, por su valiosa colaboración en éste
trabajo.

M. C. Victor M. Reyes Salas, por su apoyo en el aspecto
estadístico en el presente trabajo.

Ing. Fernando Blásquez G. por su valiosa asesoría y apoyo en
el aspecto de riego del presente trabajo.

Ing. Martha M. Sánchez A. por su valiosa asesoría en el
presente trabajo.

Ing. Alfredo De león Rodríguez por su valiosa asesoría en el
presente trabajo.

INDICE DE CONTENIDOS.

	Pág.
I. INTRODUCCION -----	1
OBJETIVOS -----	3
HIPOTESIS -----	3
II. REVISION DE LITERATURA -----	4
2.1. Definición de hidroponia -----	4
2.1.2. Historia y Origen -----	5
2.1.3. Importancia de la hidroponia -----	8
2.3. Ventajas y Desventajas de la hidroponia -----	10
2.4. La solución nutritiva -----	15
2.5. Papel que desempeñan los elementos minerales dentro de las plantas -----	18
2.5.1. Preparación de las soluciones nutritivas -----	19
2.5.2. Síntomas de exceso y deficiencia de nutrientes -----	28
2.5.3. Exceso de nutrientes -----	29
2.6. Deficiencia de nutrientes -----	31
2.7. Sustratos empleados en hidroponia -----	35
2.7.1. Características generales de los sustratos ----	35
2.7.2 Descripción de los sustratos empleados en el presente trabajo -----	36
2.8. Tipos de cultivos desarrollados en hidroponia -	38
2.9. Sistemas de riego utilizados en hidroponia ----	39
2.10. Características de la especie utilizada -----	42

III.	MATERIALES Y METODOS. -----	46
3.1.	Localización geográfica del lugar exp. -----	46
3.2.	Superficie experimental -----	46
3.3.	Clima -----	46
3.4.	Diseño experimental -----	47
3.5.	Construcción de los módulos y llenado -----	47
3.6.	Instalación del sistema de riego -----	48
3.7.	Trasplante -----	49
3.8.	Fertilización -----	50
3.9.	Riegos -----	55
3.10.	Toma de datos -----	56
3.11.	Control de plagas y enfermedades -----	57
3.12.	Etapa de corrección de deficiencias -----	58
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES. -----	60
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	91
VI.	BIBLIOGRAFIA -----	93

III.	MATERIALES Y METODOS. -----	46
3.1.	Localización geográfica del lugar exp. -----	46
3.2.	Superficie experimental -----	46
3.3.	Clima -----	46
3.4.	Diseño experimental -----	47
3.5.	Construcción de los módulos y llenado -----	47
3.6.	Instalación del sistema de riego -----	48
3.7.	Trasplante -----	49
3.8.	Fertilización -----	50
3.9.	Riegos -----	55
3.10.	Toma de datos -----	56
3.11.	Control de plagas y enfermedades -----	57
3.12.	Etapa de corrección de deficiencias -----	58
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES. -----	60
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	91
VI.	BIBLIOGRAFIA -----	93

INDICE DE CUADROS.

(CUADRO N°)	Pág.
1.- Diagrama del diseño experimental -----	47
2.- Productos para preparar la formula del Dr.Gericke -----	51
3.- Determinación del PS Y PH de un litro de sustrato -----	60
4.- Concentración de resultados del UC y requerimientos de riego del cultivo. -----	63
5.- El ANVA para el desarrollo de plantas -----	64
6.- Cuadros de Medias del factor sustrato (desarrollo de plantas) -----	65
7.- El ANVA para plantas sobrevivientes -----	78
8.- Cuadros de Medias del factor sustrato (plantas sobrevivientes) -----	78

INDICE DE GRAFICAS.

GRAFICA N°	Pág.
1.- Desarrollo de plantas -----	66
2.- Plantas sobrevivientes -----	80

I. INTRODUCCION.

A la técnica de hidroponia se le denomina cultivo de plantas sin tierra y se entiende por cultivo sin tierra al método que consiste en proveer a las plantas los alimentos de que tienen necesidad, para su crecimiento y no por medio de su habito natural, que es la tierra, sino por medio de una solución, de agua y sales minerales diversas. es así que se han puesto dispositivos en diferentes países notablemente en Estados Unidos, permitiendo el cultivo floral y hortícola al aire libre y en los invernaderos así como con plantas forrajerás donde se obtienen rendimientos comerciales superiores al cultivo tradicional, alimentando a las plantas únicamente con soluciones de sales minerales. Este trabajo se realizó originalmente hacia 1600, tomando en cuenta los constituyentes de las soluciones como base para su nutrición y no obstante, las plantas fueron cultivadas sin tierra mucho antes de esto por ejemplo los jardines colgantes de Babilonia y los jardines flotantes de los aztecas en México y los de la China Imperial. Los cultivos de hortalizas en invernadero virtualmente se pueden instalar en todas las áreas climaticas existiendo grandes instalaciones hidropónicas a través del mundo que se desarrollaron tanto para el cultivo de hortalizas como para el cultivo de flores.

Este sistema se ha implementado en zonas áridas del mundo tales como en México y en el Extremo Oriente donde el suministro de agua es limitado y no obstante en éste corto período de tiempo se ha podido adaptar a diversas situaciones, desde los cultivos al aire libre hasta los que se desarrollan en los invernaderos con las condiciones climáticas bien controladas.

Esta técnica de hidroponía es una producción agrícola muy intensiva que presenta diversas modalidades, pero en la esencia se caracteriza por que el sistema radical se alimenta de agua y de nutrientes de una manera controlada a través de una solución y de elementos esenciales y se prepara con fertilizantes comerciales y donde se tiene como medio de cultivo un sustrato diferente del suelo agrícola donde se le proporcionan a las plantas las condiciones físicas químicas y sanitarias más adecuadas para que tengan un mejor desarrollo radicular las plantas y absorban mejor los nutrientes que se les proporcionan durante todo su ciclo de desarrollo. (11).

OBJETIVOS.

- Determinar el desarrollo y la sobrevivencia del cultivo de chile en los diferentes sustratos, bajo el sistema de hidroponia vertical.

- Determinar la eficiencia de los sustratos de: Hortiperl, Aserrín, Paja de trigo, y Olote, en el cultivar de chile.

HIPOTESIS.

Los sustratos organicos usados en la presente investigación se comportan igual que el sustrato de Hortiperl y estos fueron la Paja de trigo, Aserrín, y Olote del raquíz de la mazorca de maíz.

II .REVISION DE LITERATURA.

2.1. DEFINICION DE HIDROPONIA.

El termino hidroponia se deriva de los vocablos griegos "hydro" que significa agua, y "ponos" que equivale a trabajo o actividad. Literalmente se traduce como "trabajo del agua". (5).

La hidroponia es el cultivo de las plantas sin tierra que se ha desarrollado desde los descubrimientos hechos de las experiencias llevadas a cabo para determinar que sustancias hacen crecer a las plantas y la composición de ellas.

La primera noticia científica escrita del descubrimiento de los constituyentes de las plantas, data del año 1600, cuando el belga Jan Van Helmont demostró en su ya clásica experiencia que las plantas obtenían las sustancias a partir del agua; y plantó un tallo de sauce de 5 libras en un tubo con 200 libras de suelo seco al que cubrió para evitar el polvo. por cinco años, solo se le añadió agua de lluvia. al final del experimento la planta aumentó 64 kg mientras que el suelo solo perdió 60 Gr. de peso, lo cual Van Helmont Consideró una cantidad insignificante.

2.1.2 .- HISTORIA Y ORIGEN.

A Boussingault en 1836, se le reconoció el mérito de haber iniciado algunas experiencias exactas en este campo científico considerado como el precursor de los métodos originarios de la hidroponia actual que fué uno de los primeros en usar los cultivos en tierras artificiales como es la arena, cuarzo, carbonilla, impregnados con solución acuosa de fórmulas químicas conocidas.

Sus resultados dieron la verificación experimental de la teoría mineral de la nutrición de las plantas.

Jacks (1960) y Knops (1861-1865), son los que fijaron las bases para el surgimiento de la hidroponia ya que descubren que además del bióxido de carbono, oxígeno e hidrógeno, las plantas requieren de nitrógeno, fósforo potasio, calcio, magnesio y fierro. publican además las primeras fórmulas de soluciones nutritivas que apartir de las cuales se han desarrollado muchas más como las de Tonllens (1882), Tottingham (1914), Shive (1915), Bernard (sin fecha), Maze (sin fecha), Mc Hargus (sin fecha), lara (1984). (2).

Von Sachs (1860), profesor de botánica de la Universidad de Wurzburg Alemania, quien llevó a cabo nuevos ensayos que posibilitaron el desarrollo en el Laboratorio de un tipo de cultivo sin tierra, descubriendo que agregando el agua con

cantidades balanceadas de fertilizantes químicos y que podrían cultivarse plantas prescindiendo de la tierra, abonos, pero aun bajo condiciones cuidadosamente controladas (Tovar, 1984).

Muchos investigadores (1910) indagaron sobre los funcionamientos y el papel biológico de los microelementos que entran en todas las formulas de solución nutritiva más ampliamente empleadas. (6).

Robius (1928) indicó después de varios trabajos, que había muchas posibilidades de usar sistemas hidropónicos del cultivo en arena a escala comercial (TOVAR, 1984).

Gericke (1929) en el Departamento de nutrición Vegetal de la Universidad de California, en Berkeley, y desde hacia tiempo y en amplia escala, se efectuaban, con fines puramente científicos, cultivos con soluciones nutritivas. Fue el primero en desarrollar exitosamente un sistema comercial de cultivo hidropónico, trabajo con el cual surge el termino hidroponia. (Sánchez, 1988). (14).

Eaton (1930) colaboro en la Estación Experimental Agraria de Nueva Jersey, el cual perfeccionó una técnica que permite realizar prácticamente tales cultivos técnica que el mismo denomina " Sand Culture " lara, (1984). (1).

Después de 1936, fué desarrollado un tercer método de cultivo hidropónico por la estación Experimental de Agricultura en Nueva Jersey, sobre cultivos en grava, ya que en esa época se ocupaban numerosos investigadores de los problemas del cultivo hidropónico. En 1938 la hidroponia entró en el campo de la horticultura práctica.

Durante la Segunda Guerra Mundial (1939), los ejércitos de E.U.A. e Inglaterra construyeron varias instalaciones hidropónicas con el objeto de abastecer de hortalizas frescas y sanas a los soldados que estaban estacionados en lugares aislados. Al terminar la segunda Guerra Mundial, el Ejército de Estados Unidos construyo en la Isla de Chefú la instalación hidropónica más grande del mundo con 32 Has. Tovar, (1984). (9).

Bentley (1955) este investigador considera que solo se pierde aproximadamente 20 veces menos agua en la hidroponia, que cuando se trabaja con un sistema de producción de riego normal en el suelo. (7).

Recientemente, la mayoría de los investigadores trabajan principalmente en dos aspectos: primera buscar sistemas hidropónicos más baratos y fáciles de manejar por la gente no preparada en la fisiología vegetal, química y sistemas hidropónicos complejos; y el segundo, en estudios que

abarquen diversos aspectos de nutrición vegetal partiendo de estas investigaciones hechas en Inglaterra que crearon una técnica hidropónica llamada "técnica de lamina nutritiva" (TLN) cuyo principio se basa en una corriente de agua muy somera que contiene disueltos todos los elementos nutritivos. Que se hace circular por las raíces desnudas de las plantas, confinadas en una canaleta. En la actualidad la hidroponia se considera como una rama establecida de la Agronomía que está en expansión en varios países. Sánchez, (1938). (3).

Puesto que muchos de estos métodos hidropónicos emplean algún tipo de medio de cultivo, se les denomina a menudo "cultivo sin suelo" mientras que el cultivo solamente en agua sería el verdadero hidropónico.

2.1.3. IMPORTANCIA DE LA HIDROPONIA

El agua y la temperatura son dos de los elementos del clima que impactan más fuertemente a las actividades agrícolas. El potencial de una planta no puede llegar a manifestarse si la disponibilidad de agua es relativamente pequeña, si su período de crecimiento se ve afectado por las temperaturas altas que también provocan desorganizaciones fisiológicas. (3).

abarquen diversos aspectos de nutrición vegetal partiendo de estas investigaciones hechas en Inglaterra que crearon una técnica hidropónica llamada "técnica de lamina nutritiva" (TLN) cuyo principio se basa en una corriente de agua muy somera que contiene disueltos todos los elementos nutritivos. Que se hace circular por las raíces desnudas de las plantas, confinadas en una canaleta. En la actualidad la hidroponia se considera como una rama establecida de la Agronomía que está en expansión en varios países. Sánchez, (1938). (3).

Puesto que muchos de estos métodos hidropónicos emplean algún tipo de medio de cultivo, se les denomina a menudo "cultivo sin suelo" mientras que el cultivo solamente en agua sería el verdadero hidropónico.

2.1.3. IMPORTANCIA DE LA HIDROPONIA

El agua y la temperatura son dos de los elementos del clima que impactan más fuertemente a las actividades agrícolas. El potencial de una planta no puede llegar a manifestarse si la disponibilidad de agua es relativamente pequeña, si su período de crecimiento se ve afectado por las temperaturas altas que también provocan desorganizaciones fisiológicas. (3).

Otro factor limitante para la actividad agrícola lo constituye el suelo, que puede tener problemas con la salinidad, drenaje deficiente, pedregocidad, capa arable somera, la topografía del terreno que puede ayudar al fenómeno de la erosión.

Debido a lo anterior, muchos países incluyendo a México, aunque trabaja muy poco este sistema, y que presentan estas limitaciones en su agricultura, se tiene a esta como una actividad incosteable y peligrosa, a menos que se encuentren alternativas tecnológicas que permitan jugar de una manera menos aleatoria con los recursos del medio ambiente.

Entre otras alternativas se tiene esta actividad " la hidroponia " pues es un sistema de producción agrícola que utiliza de manera más eficiente el recurso agua y no intervienen los limitantes impuestos por el suelo y el clima. (Sánchez, 1983). (10).

En Florida (EUA), existen 4 haciendas de hidroponia o hidroponia con una superficie de 2000 - 8000 metros cuadrados.

En Europa, los países Bajos Gran Bretaña, y Alemania cuentan con 1,020,000 Metros cuadrados bajo cristalería. En Israel la hidroponia a tenido mucha expansión y faltando otras disponibilidades, que se utilizan para la hidroponia en el agua de las fuentes que contienen grandes cantidades de

sales hasta 3,000 ppm de sal, contra las de 1,500 ppm que se consideran dentro del límite soportable por las plantas. Otras instalaciones hidropónicas se pueden encontrar en Africa, Holanda, República Federal Alemana, Bélgica Francia, Italia, Suiza, Dinamarca, y Suecia. la mayoría de estas instalaciones pertenecen a compañías trasnacionales estadounidenses. En la Unión Soviética, y en México muy poca gente utiliza esta técnica, debido al poco conocimiento que se tiene de ella, junto con la falta de literatura y por esos factores no se ha desarrollado mucho en nuestro país.

Existen instalaciones hidropónicas en el Distrito Federal, Cuernavaca, Monterey, Jalisco, Morelos y Coahuila donde se cultivan plantas ornamentales y algunas hortícolas.

Hay otras empresas que están utilizando esta técnica a un nivel experimental sin embargo, les está dando muy buenos resultados, tal es el caso de invernaderos en el estado de Michoacán, Veracruz y Chiapas (Solano, 1985).

2.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA HIDROPONIA

El sistema de producción, a través de cultivos hidropónicos, como cualquier otro, presenta sus ventajas y sus desventajas (Tovar, 1984). (17).

VENTAJAS.

- Balance ideal de aire , agua y nutrientes, es posible mantener el rango óptimo requerido por los cultivos.
- Humedad uniforme en comparación con el suelo.
- Tiene un excelente drenaje.
- Permite una densidad de población mayor, ya que los nutrientes no son los limitantes.
- Totalmente libre de malezas.
- Mejor control de las condiciones fitosanitarias.
- Se puede corregir la deficiencia de nutrientes más rapido en el sistema de hidroponia que en el suelo.
- perfecto control del pH, con sustratos inertes es muy fácil y barato ajustar y mantener el pH a un nivel deseado.
- No depende tanto de los fenómenos meteorológicos ya que normalmente los cultivos en hidroponia se protegen contra los vientos fuertes, las granizadas, las altas y bajas temperaturas, sequías, etc.
- Más altos rendimientos por unidad de superficie contra el cultivo normal o tradicional.
- Mayor calidad del producto, consecuentemente mayor uniformidad, peso color, y limpieza sanitaria.
- Mayor precosidad de los cultivos.
- Se pueden cultivar repetidamente o en serie programando la misma especie de plantas.

- Se pueden producir varias cosechas al año, de 3 a 5 períodos al año la ventaja de este punto estriba en la posibilidad de capturar mejores mercados o abastecer a uno solo durante todo el año.

- Uniformidad en los cultivos.

- Ahorro considerable en el consumo de agua, en los cultivos hidropónicos, generalmente se recicla el agua, siendo el gasto mayor el de la transpiración considerándose que se gasta 20 veces menos agua que en el suelo.

- Reducción en los costos de producción. La eficiencia del sistema se logra mantener a bajo costo.

- Posibilidad de una automatización casi completa.

- Proporciona excelentes condiciones al semillero.

- La recuperación de la inversión es rápida.

- Se puede utilizar agua con alto contenido de sales.

- Posibilidad de enriquecer los productos. alimenticios con sustancias adicionales tales como las vitaminas y minerales.

- El uso de materiales nativos y/o de desecho.

- Mayor limpieza e higiene.

- Posibilidad de usar mano de obra no calificada.

- Reducción en gran medida de la contaminación del medio ambiente y de los riegos que causan erosión.

- El cultivo hidropónico a beneficiado la mayor producción de hortalizas.

- El uso de pesticidas es mínimo.
- Ausencia de polvo y olores.
- El laboreo y la fatiga debido a una explotación intensiva quedan suprimidos.
- La dificultad técnica es mínima, ya que es fácil su aprendizaje.
- Excepcionales resultados en la producción de plantas frescas durante todo el año.
- Crecimiento rápido, generalmente en un medio artificial, el crecimiento de las plantas aumenta hasta 6 veces más rápido que en el suelo y con las practicas tradicionales.
- Casi no hay gasto en maquinaria agrícola, ya que no se requiere tractor, arado u otros implementos semejantes.
- Se tiene un calendario de riego y los intervalos apropiados para este cultivo.
- Se establecen condiciones favorables para el crecimiento y desarrollo de las plantas.
- Tanto agua como fertilizantes se pueden aplicar simultáneamente de acuerdo a las condiciones del cultivo.

DESVENTAJAS.

- La principal, es el alto costo de las inversiones iniciales pero este factor debe ser estudiado cuidadosamente con el objeto de desarrollar una tecnología que pueda adecuarse a las condiciones económicas de los campesinos.

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

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

- Se le debe dar una pendiente adecuada.

- Analizar el agua utilizada para preparar la solución.

- Mantener el pH de la solución en el rango requerido por el cultivo.

- Mantener el riguroso control de la solución.

- Requiere del eficiente sistema de aireación.

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

- Requieren de un abastecimiento continuo del agua.

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

- Si no existe un control o prevención fitosanitario adecuado, hay facilidad de la propagación de enfermedades a través de la solución. (Sánchez, 1983; citado por almanza 1984; tovar, 1984 Solano 1985).

2.4. LA SOLUCION NUTRITIVA.

Este es uno de los puntos decisivos para el éxito en el cultivo hidropónico, es la composición de las soluciones nutritivas, es el elemento más delicado y más importante las soluciones deberán contener todos los elementos necesarios para las plantas, en las debidas condiciones y en las dosis convenientes.

La concentración de los nutrientes se ha venido expresando de variãas maneras, tales como gramos por litro miligramos, equivalentes por litro, atomos, microgramos soluciones molares y partes por millón, siendo los últimos tres los más usados (Solano, 1985).

La solución nutritiva se define como el conjunto de elementos nutritivos requeridos por las plantas, disueltos en el agua.

Mediante el análisis químico de un buen número de plantas se han detectado 60 diferentes elementos, sin embargo

la presencia de la mayoría de ellos es muy probablemente accidental y se debe a la presencia de todos ellos en la solución que rodea a las raíces en el suelo (Sánchez, 1983). (18).

Se ha probado que los siguientes elementos son esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas y estos elementos son carbono, hidrógeno, oxígeno nitrógeno fósforo, potasio, calcio, fierro, azufre, magnesio manganeso boro, cobre, zinc, molibdeno.

Existen evidencias de que el aluminio, cloro, calcio y silicio tienen una marcada importancia en el crecimiento de ciertas especies vegetales (Sánchez, 1983).

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

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

2.- Que la función del elemento deba ser específica para que ningún otro elemento puede sustituirla completamente.

3.- El elemento debe mostrar estar directamente comprometido en la nutrición de la planta éste puede ser constituyente de un metabolito o al menos requerido para la acción de una enzima esencial (Solano, 1985).

4.- Que el síntoma de deficiencia presentado, sea corregido únicamente por el elemento en cuestión.

Bajo un sistema de cultivo hidropónico, con excepción del Carbono, oxígeno e hidrógeno todos los elementos esenciales son suministrados a través de una solución y en forma asimilable por las raíces, y por lo tanto se considera como un prerequisite la solubilidad de los iones en el agua (Sánchez, 1983). (5).

El nitrógeno, potasio, fósforo, calcio, azufre y el magnesio, denominados comúnmente macroelementos, se añaden al agua, usando casi siempre como fuente fertilizantes comerciales, los otros elementos: fierro, manganeso, boro cobre, zinc, molibdeno (denominados microelementos) estos van incluidos como impurezas en el agua y en los fertilizantes que proporcionan los microelementos.

Después de varios años de la investigación se ha llegado a concluir que no existe una solución teórica ideal para el cultivo en particular y que la concentración óptima de los elementos nutritivos para una especie vegetal en particular depende de un conjunto de factores entre los que destacan:

La parte de la planta que se va a cosechar (raíz tallo, hoja, flor, fruto, y semilla) y esto va de acuerdo a la estación del año, y de la calidad del agua y del estado de desarrollo de la planta (Sánchez, 1983).

Las fuentes más comunes y baratas de los elementos esenciales son los fertilizantes comerciales, sólo cuando se

hacen trabajos de nutrición vegetal o como fuente de algunos micronutrientes y que se justifica el uso de los reactivos analíticos que por su elevado precio, no se recomiendan en la hidroponia comercial o a nivel de huerta familiar (Sánchez, 1983).

2.5. PAPEL QUE DESEÑEN LAS PLANTAS. LOS ELEMENTOS MINERALES DENTRO DE LAS PLANTAS.

El papel que desempeñan los elementos minerales en la nutrición de las plantas verdes es de particular importancia.

Para presentar una panorámica general de la influencia de los nutrientes minerales acerca de las respuestas fisiológicas de la planta, se da lo siguiente:

- a) Abastecen de material para la construcción del protoplasma celular.
- b) Abastecen de material para la construcción de la pared celular.
- c) Tienen influencia en la presión osmótica de la savia de la célula.
- d) Tienen influencia en la acción de buffer de la savia celular.
- e) Tienen influencia en el grado de hidratación del protoplasma.

2.5.1. PREPARACION DE LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS.

Son tres los métodos que más se usan en la preparación de las soluciones nutritivas en hidroponia, método de las soluciones madre, método normal y método de la adición de los fertilizantes mezclados en seco.

SOLUCIONES MADRE.

Se utiliza en trabajos experimentales donde se labora con distintas concentraciones y/o varios cultivos a la vez también se usa para preparar soluciones madre de microelementos ya, que como estos elementos son requeridos en muy pequeñas cantidades, su pesado y preparación presentan ciertos problemas prácticos.

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

En ciertos casos especiales como en los ensayos de nutrición vegetal, se utiliza una solución madre de cada micronutriente por separado.

En general, la alta solubilidad de las sustancias que proporcionan los microelementos esenciales permiten la

preparación de las soluciones muy concentradas; por ejemplo un abastecimiento muy complejo de micronutrientes para 10,000 mililitros de solución se pueden disolver en uno a dos litros de agua.

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

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

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

METODO NORMAL.

Este método está menos elaborado que el anterior, los fertilizantes en seco se van añadiendo uno a uno al agua y en

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

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

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

METODO DE LA ADICION DE LOS FERTILIZANTES MEZCLADOS EN SECO.

En este método, todos los fertilizantes que intervienen en la solución o más común mente los macroelementos se revuelven en seco hasta lograr una mezcla homogénea y posteriormente, se disuelven en el volumen total del agua necesaria para preparar la solución.

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

Para preparar este método es imprescindible no utilizar sales higroscópicas, ya que al absorber humedad de la atmósfera, además de ganar peso hacen que la mezcla adquiera una consistencia masosa y pegajosa.

Control técnico de las soluciones nutritivas:

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

De entre los factores que se deben tomar en cuenta se pueden mencionar la calidad del agua, pH de la solución control del volumen de la solución y del balance de los elementos nutritivos.

Calidad del agua.

El agua para el cultivo hidropónico puede obtenerse de varias fuentes: agua de lluvia, ríos, arroyos, corrientes subterráneas, lagos, pozos, agua de mar, agua destilada.

Aparte del agua de lluvia, o del agua destilada, todas las fuentes naturales contienen cantidades variables de las sales en solución y si se van a usar en hidroponía deben ser sometidas a un análisis químico (sobre todo a un nivel comercial o experimental) con el objeto de detectar y de evitar posibles problemas nutricionales.

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

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

- Que el agua no tenga un contenido superior a 500 ppm,

de preferencia que no sobre pase las 250 ppm.

- Que el agua pueda resultar "dura" es decir con altos contenidos de sales de calcio y/o magnesio y que se debe corregir la solución en consecuencia.

- Que en casos excepcionales, se pueden presentar metales pesados sulfuro o cloro libre en cantidades tóxicas para las plantas.

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

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

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

pH de la solución.

Ya sea ha nivel de agricultura convencional en suelo o de hidroponia, el pH de la solución que rodea a las raíces es de extrema importancia para un adecuado crecimiento de las plantas. Este factor es, muy a menudo manejado inadecuadamente en hidroponia, situación que ocasiona como respuesta un debilitamiento general de la planta y un rendimiento bajo.

La mayoría de las plantas crecen muy bien con una solución nutritiva que tenga un pH de 5 a 6.5. Se considera en términos generales, para todos los cultivos hortícolas.

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

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

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

Determinación electrométrica: Se efectúa mediante aparatos especiales con electrodos, sobre todo cuando se requiere mucha precisión en la medición.

Para estabilizar el pH se utilizan diferentes procedimientos que son:

1) La adición de ácidos o álcalis. Se usa ácido sulfúrico o fosforico en pequeñas cantidades, para acidificarla e idroxido de potasio o de sodio para alcalinizarla.

2) Ajustes del nivel de fosfatos. Ya se ha discutido el papel estabilizador del pH. Un exceso en fosfatos puede ocasionar precipitaciones de fierro, magnesio, calcio, manganeso.

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

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

Es conveniente ajustar el pH del agua antes de preparar la solución o inclusive durante el proceso de preparación, para favorecer una mejor disolución de las sales (10,19).

De igual manera se sugiere determinar el pH periódicamente y corregirlo en consecuencia de (cada 4 a 8 días dependiendo del método de cultivo hidropónico que se siga). Se ha demostrado que la adición de sulfato de amonio agregado a la solución le ayuda a estabilizar su acidez y las plantas absorben el ión amonio más rápidamente que el ión sulfato, siendo éste un ión ácido así es como se incrementa la acidez en la solución nutritiva.

Preferencia de pH para algunos cultivos.

Si se desea que los cultivos se desarrollen de tal manera que se obtengan las máximas producciones, entonces se debe aprender a controlar el pH de la solución nutritiva.

El pH adecuado para el cultivo de chile es de 6.5-7.0

Control del volumen de la solución.

El fenómeno de la evapotranspiración ocasiona que las plantas tomen proporcionalmente, mucho más agua que elementos nutritivos, de tal manera que, cuando se recircula la solución nutritiva después de cada irrigación al ir descendiendo el volumen de la solución, ésta se va haciendo cada vez más concentrada. De esta resulta un incremento progresivo en la presión osmótica de la solución y también del pH. (4).

Balance de los elementos nutritivos.

La solución nutritiva se formula con base en lo que necesitan las plantas y no en lo que son capaces de absorber.

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

2.5.2. SINTOMAS DE EXCESO Y DEFICIENCIA DE NUTRIENTES.

En la hidroponia se observan los mismos síntomas de excesos y deficiencias que en el cultivo en tierra, la diferencia es que en la primera, se pueden utilizar medidas correctivas que intervienen sobre la planta mucho más rápidamente que en el segundo (Turner, 1939; citado por Solano, 1985).

El productor que tiene éxito en sus cultivos se distingue por la exactitud con que sabe apreciar y corregir los excesos y deficiencias, en el cultivo en las soluciones nutritivas se observan los mismos síntomas que en el cultivo en tierra, la principal diferencia consiste en que cuando se cultiva en soluciones nutritivas, se pueden utilizar medidas correctivas que obran sobre la planta mucho más rápidamente que en el cultivo en tierra.

Afortunadamente los trabajos experimentales realizados han proporcionado un conocimiento mejor de las dificultades que experimentan las plantas y del modo de corregirlas. (20).

2.5.3. EXCESO DE NUTRIENTES.

Nitrógeno.- El exceso produce blandura y debilidad de los tallos y hojas, el follaje es producido rápidamente a expensas del crecimiento de la raíz, la relación del fruto o semilla con respecto a la vegetación es abajo de lo normal, y la conformación de las partes de las plantas son fuera de lo normal.

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

Potasio.- Un exceso de potasio hace que las hojas de las plantas sean más rígidas de lo normal, algunas veces las plantas de las hojas jóvenes se marchitan y las de las hojas viejas se tornan cafés. Si se esta empleando demasiado potasio el follaje y los tallos viejos se hacen quebradizos; si el exceso continúa, los órganos se hacen tan quebradizos que las hojas se desprenden al menor contacto.

Calcio.- La absorción de calcio en forma excesiva es posible bajo condiciones culturales desfavorables, cuando ésta sucede, las plantas usualmente encuentran una dificultad para aprovechar otros nutrientes como es el hierro, pero absorben gran cantidad de nitrógeno que están necesitando. Por esta razón un exceso de calcio se puede encontrar asociado con las características del follaje de un color verde pálido o clorótico de lo normal debido a la deficiencia de hierro.

Magnesio.- Un moderado exceso de magnesio produce plantas con hojas más grandes de lo normal, cuando el exceso llega a ser mucho mayor, las hojas llegan a ser mucho más pequeñas de lo normal, y retienen su color verde las hojas de las plantas pueden marchitarse y morir si se exponen a un clima caliente.

Azufre.- Este elemento no fluctúa tanto como los otros elementos, por lo tanto, no es absorbida en exceso.

Hierro.- Altas concentraciones dañan a la planta debido a que reaccionan con el protoplasto de sus raíces estas sustancias se coagulan y son incapaces de desempeñar sus funciones normales de las raíces se ponen de un color café con una pronunciada toxicidad que causa el rompimiento del sistema radicular.

Elementos menores.- Estos son muy tóxicos para el crecimiento de las plantas por lo que se debe tener cuidado y sólo se deben utilizar cantidades mínimas, un exceso en manganeso, zinc, cobalto y algunos otros iones metálicos los induce a síntomas parecidos a la deficiencia de hierro en algunas plantas, el margen entre su deficiencia y toxicidad es muy estrecha para muchos micronutrientes y más notablemente para el boro.

En general, los macronutrientes son mucho menos tóxicos que los micronutrientes y sus concentraciones que pueden ser elevadas apreciablemente sobre el óptimo sin que afecte significativamente el crecimiento. (3).

2.6.DEFICIENCIA DE NUTRIENTES

Nitrógeno.- Los efectos se manifiestan en toda la planta; el follaje es verde claro o amarillento, las hojas nuevas son relativamente pequeñas; en los nervios y los peciolos puede aparecer una pigmentación roja o púrpura los tallos son delgados y con muy pocas ramificaciones, las flores son más pequeñas de lo normal, las raíces se desarrollan más de lo normal en el aspecto general es el de una planta diminuta y mal desarrollada.

Fósforo.- Los efectos se manifiestan en toda la planta, en el primer período las hojas amarillean en los márgenes, en un período gradual de las hojas de la parte inferior de la planta el follaje se observa de color verde oscuro, tanto los tallos como las hojas suelen mostrar una fuerte pigmentación de un color rojo-púrpura, especialmente cerca de los extremos de los tallos; y los tallos jóvenes son delgados, sistema radicular deficiente.

Potasio.- Los efectos se manifiestan generalmente en las hojas más viejas (inferiores), generalmente con manchas necróticas cerca de la punta y de los márgenes hojas relativamente pequeñas, si la deficiencia alcanza tal grado que se presenta el chamuscado de la planta, las hojas nuevas son más pequeñas y delgadas que las normales.

El chamuscado se propaga muy lentamente y varía del rojo purpúrea a castaño oscuro, sin fase intermedia, las plantas son más susceptibles a plagas y enfermedades.

Magnesio.- Las hojas inferiores manifiestan clorosis pero no presentan manchas hasta las últimas faces, las hojas nuevas se quedan delgadas y de textura blanda a medida que progresa la deficiencia; aparece rápidamente un ligero moteado en la hoja, y luego se forman manchas entre los nervios y a lo largo de los bordes. Se desprenden las hojas

afectadas las hojas son pequeñas el peciolo es corto y retrasa la floración.

Calcio.- Los efectos están localizados en las hojas nuevas, la yema terminal muere, alteraciones de las hojas jóvenes en la punta y en los márgenes las hojas jóvenes quedan definitivamente retorcidas en la punta, las hojas adultas tiene color obscuro normal en tanto que las hojas jóvenes tiene un color verde amarillento, las raíces alimenticias mueren casi todas, la planta muy raquítica y el crecimiento se detiene.

Hierro.- Los efectos están localizados en las hojas nuevas, y la yema terminal permanece viva, las hojas muestran clorosis entre los nervios; estos permanecen verdes generalmente no hay manchas necróticas.

En los casos extremos se secan los márgenes de las hojas y estas se caen de las ramas.

Manganeso.- Los efectos están localizados en las hojas nuevas, y la yema terminal permanece viva, las hojas muestran clorosis entre los nervios; estos permanecen verdes. Esta deficiencia se distingue de la del magnesio por que la clorosis aparece primero en la parte superior de la planta, generalmente hay manchas necróticas esparcidas sobre la

superficie de la hoja y hay caída de la misma. las hojas se quedan descoloridas.

Azufre.- Los efectos están localizados en las hojas nuevas, la yema terminal permanece viva, las hojas son de color verde claro, con los nervios más claros que la superficie adyacente, aparición de algunas manchas necróticas, con poca o ninguna desecación de las hojas.

Boro.- Los efectos están localizados en las hojas nuevas, y la yema terminal muere, presenta alteraciones de las hojas jóvenes en la base con tallos y peciolo quebradizos. El más pronunciado síntoma es la coloración roja, algunas veces con tinte purpúreo, afectando primero los márgenes de las hojas.

Zinc.- Los síntomas en plantas de chile se inician con manchas blancas pequeñas de tejidos inactivos o muertos, desarrollándose rápidamente en las hojas, viejas que se desarrollan venaciones de color blanco amarillentas.

En melón, mostaza, tomate, y chile se presentan las hojas extremadamente moteadas con áreas necróticas, también presentando hojas pequeñas. (3).

2.7. SUSTRATOS EMPLEADOS EN HIDROPONIA.

La elección de utilizar estos materiales como sustratos empleados para este experimento se realizó con la finalidad de probar otros sustratos diferentes a los que ya se habían utilizado en otros trabajos de gran importancia en cuanto a sus requerimientos físicos y químicos, Ya que pueden influir directa o indirectamente en el desarrollo de las plantas.

2.7.1 CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SUSTRATOS.

1.-Desde el punto de vista físico, son aptos como sustratos aquellos materiales que a causa de su granulometría y estabilidad estructural ofrecen la posibilidad de una aireación elevada. se debe procurar, en las zonas de las raíces una proporción de 30% de materiales y un 70 % de espacio vacío, el cual será ocupado a partes iguales por agua y aire (citado por Solano 1985).

2.- Otro factor físico es la capacidad de retención de agua del sustrato, cuanto más elevada es la capacidad de retención menos frecuentes deben ser los riegos.

La capacidad hídrica referida al volumen y la capacidad de retención puede ser de importancia para calcular respectivamente el volumen del depósito y la frecuencia uniforme de los riegos.

(Penningsfeld, 1975; citado por Solano, 1985).

3.- Desde el punto de vista químico, el sustrato no debe reaccionar con la solución nutritiva, ni absorber, ni estabilizarse a ún parcialmente, puesto que esto alteraría a la solución nutritiva, o sea el sustrato deberá ser químicamente inactivo (Alpi, 1975 ; citado por Solano 1985).

En la producción de cultivos hidropónicos, se utilizan cuatro materiales que funcionan como sustratos, éstos son: arena, perlita, vermiculita y aserrín.

Otros sustratos diferentes a los anteriores son: grava, turba, piedra pomes y espumas sintéticas.

2.7.2. DESCRIPCION DE LOS SUSTRATOS EMPLEADOS EN EL PRESENTE TRABAJO.

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

El aserrín fué adoptado como medio de cultivo, a causa de su bajo costo, ligereza y disponibilidad. y con un aserrín moderadamente fino, o mezclado con una buena proporción de viruta, suele ser el más adecuado, a causa de que la humedad

se difunde lateralmente mejor con éstos que con el aserrín grueso.

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

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

HORTIPERL.- Es un material volcánico natural con propiedades semejantes a la arena. que puede utilizarse una vez esterilizada a una temperatura de 1000 oC. presenta excelentes propiedades de retención de humedad y aireación.

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

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

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

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

2.8.- TIPOS DE CULTIVOS DESARROLLADOS EN HIDROPONIA.

Se distinguen tres tipos de cultivos hidropónicos, en soluciones nutritivas (como medio exclusivamente líquido). los que están en sustratos sólidos inertes y porosos, embebidos de una solución nutritiva.

Desde el punto de vista comercial los diferentes tipos son practicables, no se puede decir cual será el mejor puesto que cada uno presenta ventajas y desventajas, pero normalmente la selección de alguno en particular estará

gobernada por las condiciones climáticas, con una disponibilidad de los aparatos y las limitaciones económicas.

CULTIVO EN AGUA.

El cultivo en agua se refiere a que el crecimiento de los vegetales que tienen las raíces sumergidas en una solución acuosa nutritiva constantemente. para utilizar este método, se requiere de tanques y recipientes que pueden ser de cualquier tamaño, en la parte superior se coloca una tela metálica que servirá para soporte de las plantas (Gericke, 1946; citado por Solano, 1985).

CULTIVOS EN SUSTRATOS SOLIDOS INERTES.

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

2.9. SISTEMAS DE RIEGO UTILIZADOS EN HIDROPONIA.

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

manteniendo un nivel constante teniendo en cuenta los factores técnicos, agrícolas y sobre todo los factores económicos.

La forma de suministrar las soluciones nutritivas depende de varios factores importantes que son: Según el tipo de planta, y su estado biológico, temperatura, etc.

El suministro de la solución de nutrientes a las plantas que podrá hacerse, bien directamente desde un depósito del almacenamiento de la solución o bien con un sistema de dosificación.

Se necesita un depósito de almacenamiento, con una bomba (como fuente de presión) y un sistema de distribución.

IRRIGACION SUPERFICIAL.

La solución se aplica directamente a la superficie del agregado, para esto es muy importante que exista un eficiente sistema de drenaje. Es aplicable para y todos los cultivos en agregado ó sustrato. La solución nutritiva generalmente no se recircula, por lo que los recipientes no tienen que ser impermeables, solo debe evitarse que sus paredes interiores reaccionen con la solución, ya que se puede alterar la composición de esta última.

RIEGO POR GOTEO.

Aquí se adopta un sistema automático que haga gotear la solución y no se recircula.

La dosis de aplicación varia con el tipo y tamaño de la planta, mediante las condiciones climáticas y con el tipo de agregado que se utiliza, que generalmente oscila entre medio y dos litros de la solución por metro cuadrado por día y de hasta 4 litros diarios en las localidades con alta temperatura e insolación.

Tanto en el sistema de cultivo vertical como en el de bancadas, será precisa la utilización del riego por goteo para el suministro de agua y de nutrientes a las plantas para esto es preciso un calculo adecuado de válvulas y tuberías para que el flujo de solución sea el indicado.

SUBIRRIGACION.

Este método fué diseñado originalmente para cultivo en grava; posteriormente se modificó el método para aplicarse en todos los agregados.

IRRIGACION POR CAPILARIDAD.

Este método se utiliza generalmente para instalaciones caseras. Para conducir la solución al agregado se usa una mecha para la lámpara de alcohol o petróleo, el recipiente que contiene la solución puede ser cualquier material impermeable. (10).

2.10. CARACTERISTICAS DE LA ESPECIE UTILIZADA.

IMPORTANCIA.

El chile (*Capsicum annuum* L.) var, mulato o poblano. El chile es el cultivo hortícola más importante en México y el de mayor consumo popular, especialmente en estado fresco, aunque también se consume procesado en forma de salsas, polvos, y encurtidos.

En México existe una gran diversidad de chiles de diferentes tipos en cuanto ha forma, sabor, color, tamaño y picor.

En 1978 se reportó un consumo per cápita anual de 7.24 Kg. siendo aproximadamente el 75 % de chile fresco.

El chile tiene la importancia por la superficie sembrada de más de 81,000 Ha. y que genera divisas para México ya que

es el principal proveedor para Estados Unidos y Canadá que en los ciclos de invierno-primavera (nov-mayo) otra importancia social, que debido a la enorme cantidad de mano de obra que genera durante todo su ciclo agrícola, que se reporto una demanda de 120 a 150 jornales por Ha.

ORIGEN E HISTORIA.

El genero *capsicum* es originario de América del sur (de los andes y de la cuenca alta del amazonas, Perú Bolivia, Argentina, y Brasil) (Vavilov, 1951).

Y entonces *capsicum annuum* L. Se aclimató en México, donde actualmente existe la mayor diversidad chiles.

CARACTERISTICAS BÓTANICAS Y TAXONOMICAS.

Es una planta anual se cultiva en zonas templadas y perenne en las regiones tropicales, tiene tallos erectos herbáceos y ramificados de color verde oscuro. El sistema de raíces llega a profundidades de .70 a 1.20 m.

y lateralmente hasta 1.20 mts. Pero la mayoría de las raíces están a una profundidad de 5 a 40 cm. (Guenko 1983, Citado por Valadez, 1996).

La altura promedio de la planta es de 60 cm, pero varia según el tipo y/o especie de que se trate, las hojas son planas, simples y de forma Ovoide alargada.

Las flores son perfectas formándose en las axilas de las ramas, son de color blanco y a veces púrpura.

El fruto es como una baya o vaina y en algunas variedades se hace curvo cuando se acerca a la madurez.

CLASIFICACION TAXONOMICA.

Reino -----Vegetal
 División-----Tracheophyta
 Subdivisión-----pteropsidae
 Clase-----Angiospermae
 Sub clase-----Personatae
 Familia-----Solanaceae
 Género-----*Capsicum*
 Especie-----*annuum L.*
 N.común-----chile poblano

REQUERIMIENTOS DE CLIMA.

Es una hortaliza de clima templado y perenne en las zonas tropicales por lo cual no tolera heladas.

El rango de temperatura del suelo debe ser de 12 a 16°C (con una mínima de 10°C y con una máxima de 30°C) y la temperatura ambiente para su desarrollo de (18.3-26.6 durante el día y durante la noche de 15.5-18.3°C).

CARACTERISTICAS DE LA VARIEDAD MANEJADA.

El chile mulato o poblano el rango de adaptación de este chile es más limitado que el del chile ancho, en México se produce en áreas específicas del centro del país como es Ojuelos Zacatecas, Estado de Jalisco, San Felipe y otros lugares de Gto.

Y en algunas localidades del Estado de Puebla, en donde se le conoce precisamente como chile poblano.

PLAGAS PRINCIPALES QUE LO AFECTARON

PLAGA	N. CIENTIFICO	CONTROL	DOSIS L/Ha.
Pulga	<i>Epitrix</i>	Paratión	1.0
Saltona	<i>Cucumeris.</i>	Etilico.	
Pulgón	<i>Mizus persicae</i>	Tamarón 600	1.0
Verde	<i>Sulzer</i>	Metasystox R 25	1.0

COSECHA Y RENDIMIENTO.

En condiciones normales, el primer corte se realiza a los 90-100 días si es sembrado directamente y de los, 75 a 80 días después del trasplante. con esta variedad pueden alcanzarse rendimientos de 40 a 50 toneladas por Ha. (10).

III. MATERIALES Y METODOS.

3.1. LOCALIZACION GEOGRAFICA DEL LUGAR EXPERIMENTAL.

Este experimento se llevó a cabo en los terrenos de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" (UAAAN) en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México cuyas coordenadas geográficas son: 25° 02' 00" de la latitud norte y 101° 01' 00" de longitud Oeste, con una altitud de 1743 msnm.

3.2. SUPERFICIE EXPERIMENTAL.

Se trabajo en un lote de 10 x 7 metros. Esta tomando en cuenta las distancias entre hileras de columnas y los espacios marginales de un metro respectivamente.

3.3. CLIMA.

De acuerdo con la Clasificación Climática de Köppen modificada por García (1964), el tipo de clima es BSoKw (e), que significa seco, con verano cálido y lluvias en verano, con temperaturas extremosas.

En el lugar del presente trabajo se presenta una temperatura media anual de 17.8 °C y una precipitación 490 mm. anuales.

3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL.

Se trabajo con un diseño de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y cinco repeticiones (Cuadro 1).

3.5 CONSTRUCCION DE LOS MODULOS Y LLENADO.

Se comenzó por instalar la estructura metálica superior, la cual nos permite afianzar los módulos y además facilitar el establecimiento del sistema de riego con una mejor precisión para afianzar bien los cilindros.

Cuadro 1. Diagrama del diseño experimental.

* 4-3+	2-3	3-5	1-3
* 2-4+	1-5	4-2	3-3
* 2-1+	4-1	3-2	3-1
* 2-5+	3-4	4-5	2-2
* 4-4+	1-2	1-1	1-4

* La primera posición, indica el numero de sustrato.

+ La segunda posición, indica el numero de repetición.

- * 1. Aserrín.
- * 2. Hortiperl.
- * 3. Olote.
- * 4. Paja.

COMPONENTES DEL MODULO.

La construcción de módulos, consistió básicamente : de

- Un tubo de polietileno negro de 1.70 mts. de longitud y de .25 mts. de diámetro.

- Una base circular de madera de 25 centímetros de diámetro la cual tiene una perforación en el centro, con fines de drenaje.

- Un aro metálico de alambón de 25 centímetros de diámetro (en la parte superior del cilindro).

- y un cable para sujetar los cilindros de la estructura de hierro.

3.6. INSTALACION DEL SISTEMA DE RIEGO.

El sistema de distribución de los nutrientes. consistió de:

- Dos toneles de 200 litros de capacidad y los dos se conectaron juntos para así tener mayor cantidad de agua.

- Se conecto la bomba como fuente de presión.

- Se conecto la tubería que va de la bomba a la manguera de riego.

- Un filtro que se coloca en la salida de la bomba.

- Un manómetro para calcular la presión del agua.

- Las líneas primarias y secundarias se conectan a la manguera de transporte y a las mangueras de la distribución del agua.

- Se conectaron los goteros en la manguera para que no se presenten irregularidades en la salidas de las líneas que deben evitarse ya que a veces se forman burbujas de aire que dificultan el flujo en el sistema. Para evitar problemas de taponamiento en general, en los extremos de cada manguera se colocaron cierres provisionales, esto quiere decir que se doblaron las mangueras en cada extremo para así facilitar su lavado periódicamente.

3.7. TRASPLANTE.

El trasplante se llevó a cabo el 16 de mayo de 1996 con plántulas de dos meses de edad. Se establecieron 20 plántulas por módulo al tres bolillo (cinco niveles con cuatro plántulas cada uno) y 30 cm. de separación entre niveles. Para la toma de datos posteriores, se llamó uno al nivel inferior el siguiente hacia arriba fué el 2 y así sucesivamente hasta llegar al 5 nivel.

Previo al trasplante se saturaron los módulos de los diferentes sustratos con agua natural para no tener problemas durante el asentamiento del sustrato.

3.8. FERTILIZACION.

Toda planta constituye por si misma un laboratorio químico-biológico. y natural sus raíces obtienen de la tierra, el agua y sustancias alimenticias, mediante un proceso de osmosis. También sirven las raíces como depósitos de productos asimilados. Es importante que no perdamos de vista que se trabajó con tres variables, la solución nutritiva, el sustrato y la planta.

Se ha demostrado que de varias formulas de los elementos simples atómicos que existen en la naturaleza cuyos integrantes de las moléculas de los minerales, las plantas utilizan algunos pocos. En efecto, durante la germinación, desarrollo, floración y fructificación de las plantas, exige de la naturaleza, únicamente catorce elementos simples.

Estos son: N, P, K, Ca, Mg, B, C, Cu, Fe, H, O, Mn, S, Zn.

En los cultivos hidropónicos se utiliza un gran número de fórmulas para cultivos específicos. En este caso, se

utilizó la formula del Dr. Gericke (**Cuadro Nº2**). Esta formula incluye los 14 elementos mencionados:

Cuadro 2. Productos para preparar la formula del Dr. Gericke.

PRODUCTO		CANTIDAD (gr).
Nitrato de potasio	KNO ₃	251.7
Nitrato de calcio	Ca (NO ₃) ₂	44.0
Fosfato de Calcio	CaH (PO ₄) ₂	62.8
Sulfato de Magnesio	MgSO ₄ 7H ₂ O	62.8
Sulfato Ferroso	FeSO ₄ 7H ₂ O	6.3
Sulfato de Manganeso	MnSO ₄ 4H ₂ O	0.93
Sulfato de Zinc	ZnSO ₄ 7H ₂ O	0.39
Acido Bórico	H ₃ BO ₃	0.8
Sulfato Cúprico	CuSO ₄ 5H ₂ O	0.3
Acido Sulfúrico	H ₂ SO ₄	20.0 cc.

Para substituir a 62.8 gramos de Fosfato de Calcio Ca(PO₄)₂, se utilizaron 65 gramos de acido fosfórico (H₃PO₄) Más 30 gramos de carbonato de Calcio (CaCO₃).

La solución madre se preparó disolviendo la formula del Dr. Gericke en cinco litros de agua. Cada litro de ésta solución es para 100 litros de agua para riego. en total se prepararon siete soluciones madre para fertilizar a las plantas en todo su ciclo.

CALCULOS PARA HACER UNA SOLUCION NUTRITIVA.

EJEMPLO. Se requiere calcular la cantidad de KNO_3 para preparar 200 lt. de la solución nutritiva.

- 1.- Se escribe la fórmula (KNO_3).
- 2.- Se obtiene su peso molecular.

Peso atómico		
KNO_3 :	K =	39
	N =	14
	O =	$16 \times 3 = 48$
		101

O sea en cada 101 gr. de KNO_3 disueltos en 1000 lt. De agua se están aportando 39 ppm. de K y 14 de N, es decir la relación N:K es de 1:2.8

3.- Se determinara que porcentaje del elemento a calcular que existe en relación al peso molecular del fertilizante.

$$\% E = \frac{\text{PESO ATOMICO}}{\text{PESO MOLECULAR}} \times 100$$

$$\% K = \frac{39}{101} \times 100 =$$

$$\% K = 38.6$$

4.- Del porcentaje obtenido, se calcula la cantidad de fertilizante requerido para dar la concentración dada del

elemento. En este caso se busca la cantidad de KNO_3 necesaria para hacer una solución de 300 ppm. de K en 200 lt. de agua.

$$\text{Conc. de fertiliz.} = \frac{\text{Conc. deseada del E}}{\% \text{ del E}} \times 100$$

$$\text{Conc. de } \text{KNO}_3 = \frac{300}{38.6} \times 100 = 777 \text{ ppm.}$$

777 ppm. que equivalen a una cantidad de 777 gr. En 1000 lt. de agua, por lo tanto para 200 lt. será:

$$X = \frac{(777)(200)}{1000} = 155 \text{ gr.}$$

Es decir, se necesitan 155 gr, de KNO_3 para proporcionar las 300 ppm. de K en 200 lt. de agua.

5.- Como el fertilizante incluye otro elemento esencial para la nutrición vegetal, se calcula la cantidad ya añadida de dicho elemento.

$$X = \frac{300}{2.8} = 107 \text{ ppm.}$$

Es decir, que 155 gr. de KNO_3 disueltos en 200 lt. de agua, proporcionan 300 ppm. de K y 107 ppm. de N.

Como la concentración deseada de Nitrógeno en el ejemplo es de 200 ppm. y faltaría por suministrarse la diferencia entre 200 ppm. requeridas y 107 ppm. aportadas es decir 93 ppm. por eso se tiene que recurrir como una fuente adicional a otro fertilizante nitrogenado, una vez escogida esta fuente de Nitrato de amonio.

Peso atómico

$$\begin{array}{r}
 1.- \text{ Se escribe la formula } \text{NH}_4\text{NO}_3. \quad \text{N}=14 \times 2 = 28 \\
 \quad \text{H}= 4 \times 1 = 4 \\
 \quad \text{O}=16 \times 3 = 48 \\
 \quad \hline
 \quad 80
 \end{array}$$

2.- Peso molecular, 80.

3.- El elemento que limita la cantidad de fertilizante en este caso solo existe Nitrógeno.

4.- Porcentaje del elemento en relación al peso molecular.

$$\% \text{ de N} = \frac{28}{80} (100) = 35$$

Como la molécula de Nitrato de amonio posee dos átomos de Nitrógeno se tomo como la suma de los pesos atómicos de $14+14= 28$

5.- La cantidad de fertilizante requerido.

$$\text{Concentración} = \frac{93}{35} (100) = 226 \text{ ppm.}$$

Osea se requiere disolver 226 gr. de NH_4NO_3 en 1000 lt. de agua para obtener 93 ppm. de Nitrógeno. Por lo tanto para 200 lt. de solución nutritiva será.

$$X = \frac{(266) (200)}{1000} = 53 \text{ gr.}$$

Es decir, basta con suministrar 53 gr. de NH_4NO_3 a los 200 litros de la solución que se esta elaborando para obtener 93 ppm. de Nitrógeno faltantes.

Nota: y así se prosede de igual manera con las formulas faltantes.

3.9. RIEGOS.

La frecuencia mínima de riego depende de la superficie a regar, del estado de crecimiento de las plantas, de la capacidad de retención del sustrato y de los factores climáticos.

En general, se dio un riego cada 5 o 6 días en el primer mes, los riegos posteriores fueron diarios, aplicando dos litros por módulo , siendo riegos de dos horas con una presión de 0.36 Kg. por cm. cuadrado.

Esta frecuencia de riego estuvo dada en base al sustrato con menor capacidad de retención de agua que es la (Hortiperl).

La capacidad de retención de agua de los diferentes sustratos se determino en base a volumen de un litro.

El agua utilizada que fue (agua de la llave) presentó un pH de 6.8, la solución de riego presentó un pH de 6.3

Se calculó el uso consuntivo del cultivo, así como el requerimiento de riego mensual y diario mediante el procedimiento de Blaney y Criddle. (12).

3.10. TOMA DE DATOS.

La toma de datos se basó en 4 variantes principalmente:

PLANTAS ESTABLECIDAS.

Esta variante se tomó a los 24 días después del trasplante que se realizo el (09 de junio del 95). (y el 6 de julio del 96). Se tomo el registro de las plantas que ya quedaron vivas hasta la fecha mencionada. Se efectuó para cada sustrato por separado y considerando las cinco repeticiones por sustrato.

LONGITUD DE PLANTAS.

Esta variante se tomó a los 95 días después del trasplante (14 de septiembre). Cabe mencionar que a los 24

días se detectó una gran diferencia en el tamaño de las plantas entre los diferentes sustratos.

Se registró la toma de datos para cada sustrato por separado, considerando las cinco repeticiones por sustrato y los cinco niveles por módulo.

FLORACION.

Esta variante se tiene solamente el orden en el cual inició la floración por sustrato. Se consideró como criterio de inicio de floración cuando se registraron al menos cinco plantas que florecieron por sustrato es decir al menos 1 por repetición.

RENDIMIENTO.

Esta variante de producción se dio solamente en los dos últimos niveles de mayor altura de cada módulo de los diferentes sustratos por lo que los rendimientos no se analizaron estadísticamente.

3.11. CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES.

Resulta indispensable esterilizar el medio principalmente cuando las cosechas se cultivan durante

períodos muy grandes de tiempo ya que se acumulan una serie de microorganismos patógenos en dicho medio, y se eleva la posibilidad de que aparezca una enfermedad en cada una de las cosechas sucesivas.

En este experimento se presentó el pulgón verde (*Mizus persicae* Sulzer). se presentaron varias incidencias fuertes pero se logro bajar esta incidencia con aplicaciones de Tamarón 600 a razón de 2 ml./litro de agua pero posteriormente se tubo que aplicar otro producto por que el primero no dio buenos resultados y se aplico Metasystox R 25. a razón de 2.5 ml./litro de agua.

Las enfermedades no se presentaron.

3.12 ETAPA DE CORRECCION DE DEFICIENCIA.

Por un lado se observo la posibilidad de hacer aplicaciones foliares, pero con esto solo se pueden aplicar de 2 a 3 cc./planta. Se consideró mejor opción la aplicación directa ala raíz, ya que con esto se pueden aplicar hasta 100 cc./planta.

Estas deficiencias se observaron principalmente en los sustratos de aserrín y paja.

CORRECCION DE DEFICIENCIAS DE FE EN EL SUSTRATO DE PAJA.

Cuando se observo la deficiencia de Fe en las plantas establecidas en el sustrato de paja, se utilizo el quelato de Fe llamado (Secuestrene 138) y se aplico a razón de 100 cc./planta. para esto se prepara una solución en agua al 5 %.

Nota: Este producto se aplico a la raíz

Este producto es muy eficiente para corregir deficiencias de amarillamientos y clorosis de origen ferrico. y para corregir la deficiencia de N,P,K. se aplico Grofol de la fórmula 20-30-10. para corregir las deficiencias de estos elementos que son muy indispensables para las plantas.

Nota: Se corrigieron estas deficiencias con el producto grofol aplicado en forma de aspersion foliar al cultivo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION.

ANALISIS DE LA APLICACION DEL RIEGO.

Retención de agua por los sustratos empleados.

Se determinó la capacidad de retención de agua por sustratos en base al volumen y en base al peso.

CUADRO 3. Determinación del Ps y Ph de un litro de sustrato.

Sustrato	peso seco (gr.).	peso húmedo (gr.).
Aserrín	251	1111
Hortiperl	238	513
Olote	330	796
Paja	146	396

La cantidad de agua retenida se determinó en % de acuerdo a la formula.

$$Pw = \frac{PSH - PSS}{1000} \times 100$$

En donde: Pw = Contenido de agua (%).

PSH = Peso del sustrato húmedo (cc).

PSS = Peso del sustrato seco (cc).

La cantidad de agua retenida se determino en % de acuerdo a la formula:

$$P_w = \frac{PSH - PSS}{PSS} \times 100$$

ASERRIN.

$$\% \text{ de agua B.V.} = \frac{1111-251}{1000 \text{ cc}} \times 100 = \frac{860}{1000} \times 100$$

$$\% \text{ de agua B. V.} = 86$$

$$\% \text{ agua B. P.} = \frac{1111- 251}{251} \times 100 = \frac{860}{251} \times 100 =$$

$$\% \text{ de agua B. P.} = 342$$

HORTIPERL.

$$\% \text{ de agua B.V.} = \frac{513-238}{1000 \text{ cc}} \times 100 = \frac{275}{1000} \times 100 =$$

$$\% \text{ de agua B.V.} = 27.5$$

$$\% \text{ de agua B.P.} = \frac{513-238}{238} \times 100 = \frac{275}{238} \times 100 =$$

$$\% \text{ de agua B.P.} = 115$$

OLOTE.

$$\% \text{ de agua B.V.} = \frac{796-330}{330} \times 100 = \frac{466}{330} \times 100 =$$

$$\% \text{ de agua B.V.} = 46.6$$

$$\% \text{ de agua B. P.} = \frac{796-330}{330} \times 100 = \frac{446}{330} \times 100 =$$

$$\% \text{ de agua B.P.} = 141$$

PAJA.

$$\% \text{ de agua B.V.} = \frac{396-146}{1000 \text{ cc}} \times 100 = \frac{250}{1000} \times 100 =$$

$$\% \text{ de agua B.V.} = 25$$

$$\% \text{ de agua B.P.} = \frac{396-146}{146} \times 100 = \frac{250}{146} \times 100 =$$

$$\% \text{ de agua B.P.} = 171$$

DETERMINACION DEL USO CONSUNTIVO DEL CULTIVO .

Para conocer el uso consuntivo del cultivo, se empleó el método de Blaney y Criddle.

Una vez hecho el análisis, se llegó a los siguientes resultados:

CUADRO 4. Concentración de resultados del UC y requerimientos de riego del cultivo.

	Requerimientos de riego		Meses
	UC (cm)	Mensual cm.	Diario cm.
Mayo	3.993	3.29	0.2057
Junio	9.263	8.94	0.2979
Julio	16.143	11.56	0.3730
Agosto	14.393	7.77	0.2507
Septiembre	9.513	6.56	0.2431

En el Cuadro Nº 4. se puede apreciar que el requerimiento de riego total fué de 38.13 cm. mientras que el uso consuntivo fué de 53.30 cm. Esto es debido a la influencia de las precipitaciones pluviales.

Nota:

Durante el desarrollo del cultivo se presentaron algunas precipitaciones pluviales y por lo tanto no hubo la necesidad de aplicar el riego durante algunos días de los meses mencionados anteriormente.

Los datos obtenidos en la presente investigación fueron evaluados estadísticamente; en el programa UANL usando el diseño completamente al azar con arreglo Bifactorial, donde el factor A Fueron los 4 sustratos utilizados y el factor B, los niveles en los cilindros con alturas en cm. sobre el nivel del piso.

FACTOR A.

FACTOR B.

SUSTRATOS.	NIVELES.	
1 Aserrín	1	30
2 Hortiperl	2	60
3 Olote	3	90
4 Paja	4	120
	5	150

El análisis de varianza para la variable del desarrollo de plantas de chile (datos transformados $\ln X + 3$).

FV	GL	SC	CM	F	P > F
SUSTRATOS	3	5.35	1.78	49.07	0.000 **
NIVELES	4	0.41	0.10	2.87	0.027 *
INTERACCION	12	0.82	0.06	1.89	0.047
ERROR	80	2.91	0.03		
TOTAL	99	9.49			

Al hacer el ANVA para la variable de la respuesta desarrollo de plantas de chile se encontró alta significancia entre sustratos por medio de la prueba de tukey ($p < 0.01$).

También se aprecia en dicho ANVA que hubo significancia entre los niveles del factor desarrollo de la interacción y el sustrato.

PARA LA VARIABLE DESARROLLO DE LA PLANTA SE TUVIERON LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

El desarrollo de la planta por efecto de los sustratos utilizados varió desde 3.8 cm. hasta 27.3 cm.

(CUADRO Nº 1).

El mejor resultado para el desarrollo de la planta en los diferentes sustratos corresponde al tratamiento 2 que es la Hortiperl, con una media de 27.3 cm. seguido de los tratamientos 4,1, con una media de 12.4 cm y 8.9 cm y que corresponde a la paja de trigo y aserrín respectivamente y el tratamiento que tubo menos efecto, fué el tratamiento 3 con una media de 3.8 cm y que corresponde al Olote.

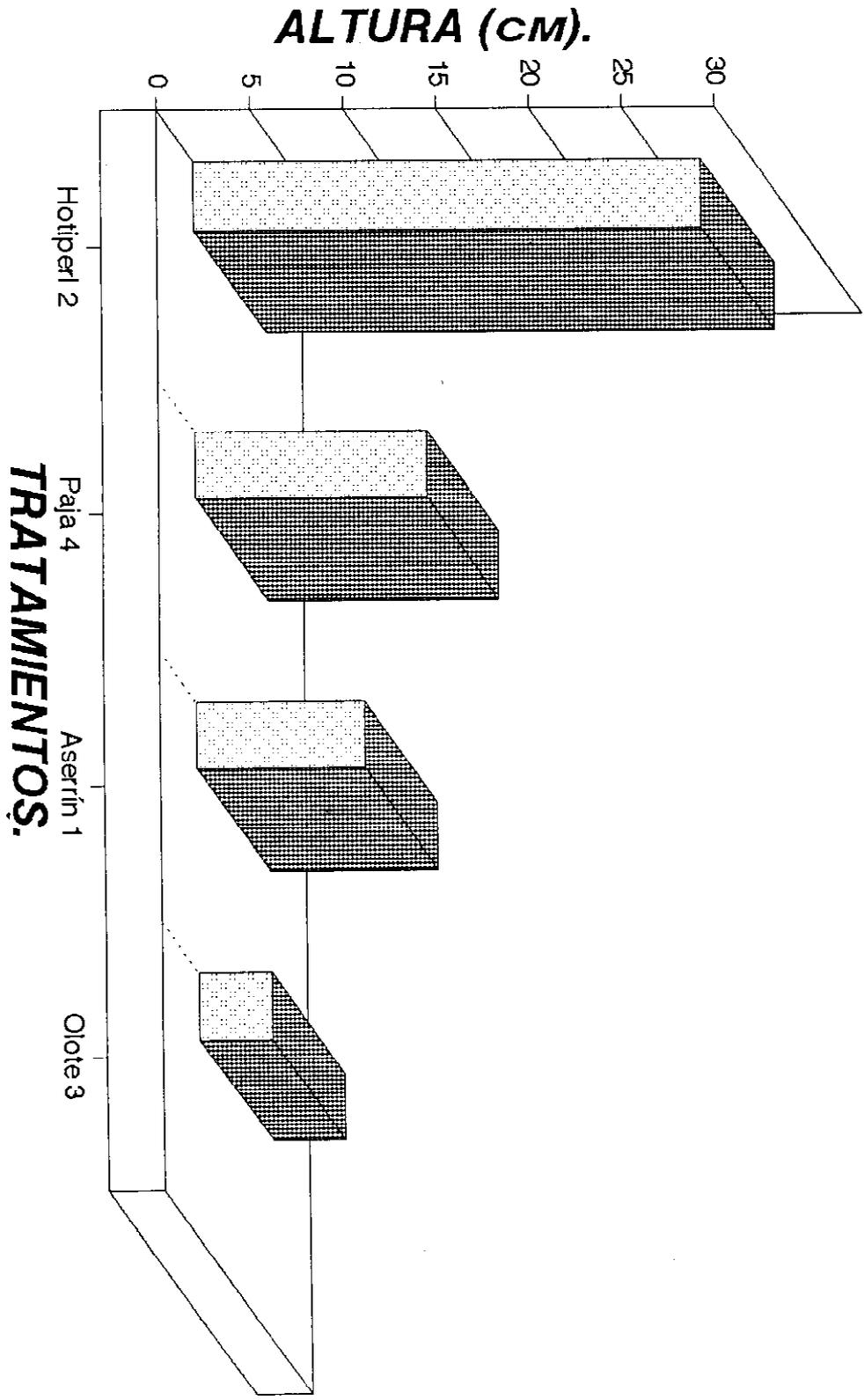
(CUADRO Nº1).

Comportamiento del desarrollo de las plantas de chile (*Capsicum annum L.*) por efecto de los diferentes sustratos.

(Gráfica Nº1).

TRATAMIENTO	MEDIA (cm).
2- Hortiperl	27.31
4- Paja	12.42
1- Aserrín	8.99
3- Olote	3.87

GRAFICA N°1. DESARROLLO DE PLANTAS DE CHILE.



Por lo que respecta al desarrollo de plantas por efecto de los niveles donde fueron plantadas varió desde 8.11 cm. hasta 14.79 cm.

(CUADRO Nº2).

El mejor nivel fué el 1 con una media de 14.7 cm. y es la altura de 30 cm. y los siguientes niveles que tuvieron más efecto fueron 4,2,3, con las medias de 11.1 11.0, 10.75 cm. y corresponden al nivel de 120, 60 y el de 90 cm. respectivamente y el nivel que tubo menos efecto fué el 5 con una media de 8.11 y corresponde a la altura de 150 cm.

(CUADRO Nº2)

Comportamiento del desarrollo de las plantas de chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los niveles de plantación.

NIVELES.		MEDIA (cm).
1.	30	14.79
4.	120	11.12
2.	60	11.00
3.	90	10.75
5.	150	8.11

Comportamiento del desarrollo de plantas de chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los niveles de plantación dentro del sustrato **aserrín**, y se encontró que existe una variación de 7.5 a 10 cm.

(CUADRO N°3).

Estadísticamente no se encontró diferencia significativa más sin embargo, es importante destacar que para el nivel de 30 tiene una media de 10 cm. y el que tubo menos efecto fué el nivel de 60 cm. encontrándose una diferencia de 7.5 cm.

(CUADRO N°3).

Comportamiento del desarrollo de plantas de chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los niveles de plantación dentro del sustrato aserrín.

NIVELES.		MEDIA (cm).
1.	30	10.09
5.	150	9.86
4.	120	9.01
3.	90	8.66
2.	60	7.51

Comportamiento del desarrollo de las plantas de chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los niveles de plantación dentro del sustrato Hortiperl. El comportamiento del desarrollo de las plantas por efecto de ésta combinación varió desde 12.2 cm, hasta 53.9 cm.

(CUADRO N°4).

El mejor nivel fué el 1 con una media de 53.9 cm y corresponde a la altura de 30 cm. seguido de los niveles 2,3,4; con una media de 32.6, 27.4, 24 cm. y que corresponde a las alturas de 60, 90, y 120, cm. respectivamente y el

nivel que tubo menos efecto fué el 5 con una media de 12.2 cm y que corresponde a la altura de 150 cm.

(CUADRO N°4).

Comportamiento del desarrollo de las plantas de chile (*Capsicum annuum L.*) por el efecto de los niveles de plantación dentro del sustrato **Hortiperl**.

NIVELES.		MEDIA (cm).
1.	30	53.91
2.	60	32.64
3.	90	27.45
4.	120	24.07
5.	150	12.29

Comportamiento del desarrollo de las plantas de chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los niveles de plantación dentro del sustrato **Olote**.

El desarrollo de las plantas varió de 7.6 cm, a 1.9 cm.

(CUADRO N°5).

El mejor nivel fué el 1 con una media de 7.6 cm. y que corresponde a la altura de 30 cm. Seguido de los niveles 4,3, con una media de 4.1 cm., 3.6 cm. y que corresponden a las alturas de 120, 90 cm. respectivamente y el siguiente nivel fué el 2 con una media de 3.0 cm. y que corresponde a la altura de 60 cm. y el nivel que tubo menos efecto fué el 5

con una media de 1.9 cm. y corresponde a la altura de 150 cm.

(CUADRO N°5).

Comportamiento del desarrollo de las plantas de Chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los niveles de plantación dentro del sustrato **Olote**.

NIVELES.		MEDIA (cm).
1.	30	7.69
4.	120	4.16
3.	90	3.68
2.	60	3.03
5.	150	1.94

Comportamiento del desarrollo de las plantas de Chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los niveles de plantación dentro del sustrato de **paja** el desarrollo de la planta varió desde 14.2 cm. hasta 1.7 cm.

(CUADRO N°6).

Los mejores niveles fueron el 2,4,5,3, con una media de 14.2, 14, 12.6, 12 cm. y que corresponden a las alturas de 60, 120, 150, 90, cm. respectivamente ya que no se encontró diferencia significativa estadísticamente entre estos 4 niveles y el nivel que tubo menor efecto fué el 1 con una media de 1.7 cm. y que corresponde a la altura de 30 cm.

(CUADRO Nº6).

Comportamiento del desarrollo de las plantas de chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los niveles de plantación dentro del sustrato **paja**.

NIVELES.		MEDIA (cm).
2.	60	14.22
4.	120	14.05
5.	150	12.68
3.	90	12.08
1.	30	1.74

Comportamiento del desarrollo de las plantas de chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los sustratos dentro del nivel de plantación de **30 cm**. El desarrollo de planta por efecto de los sustratos que varió desde 7.6 cm hasta 53.9 cm.

(CUADRO Nº7).

Encontrándose que el mejor tratamiento fué el 2 con una media de 53.9 cm. y que corresponde al sustrato hortiperl seguido de los tratamientos 1, 4, 3 con una media de 10, 9.5, 7.6 cm. y que corresponden al sustrato aserrín paja, y olote respectivamente.

(CUADRO N°7).

Comportamiento del desarrollo de las plantas de chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los sustratos dentro del nivel de plantación de 30 cm.

TRATAMIENTO	MEDIA (cm).
2 - Hortiperl	53.91
1 - Aserrín	10.09
4 - Paja	9.57
3 - Olote	7.69

Comportamiento del desarrollo de las plantas de chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los sustratos dentro del nivel de plantación de 60 cm. El desarrollo de las plantas varió desde 32.6 cm hasta 3 cm.

(CUADRO N°8).

El mejor tratamiento fué el 2 con una media de 32.6 cm. y que corresponde al sustrato hortiperl, el tratamiento que le sigue fué el 4 con una media de 14.2 cm. y que corresponde ala paja y el siguiente tratamiento fué el 1 con una media de 7.5 cm. y que corresponde al sustrato aserrín y por ultimo el tratamiento que tubo menos efecto fué el 3 con una media de 3 cm. y que corresponde al sustrato olote.

(CUADRO N°8).

Comportamiento del desarrollo de las plantas de chile (*Capsicum annum L.*) por efecto de los sustratos dentro del nivel de plantación de 60 cm.

TRATAMIENTO	MEDIA (cm).
2 - Hortiperl	32.64
4 - Paja	14.22
1 - Aserrín	7.51
3 - Olote	3.03

Comportamiento del desarrollo de las plantas de chile (*Capsicum annum L.*) por efecto de los sustratos dentro del nivel de plantación de 90 cm. El desarrollo de plantas en ésta combinación varió desde 3.6 cm. hasta 24 cm.

(CUADRO N°9).

El mejor tratamiento fué el 2 con una media de 24.13 cm. y corresponde al sustrato Hortiperl y los siguientes tratamientos que tuvieron efecto fueron el 4, 1, con una media de 12 cm. y 8 cm. y que corresponden a los sustratos de paja y aserrín respectivamente y el tratamiento que tubo menos efecto fué el 3 con una media de 36 cm. y que corresponde al sustrato olote molido.

(CUADRO N°9).

Comportamiento del desarrollo de las plantas de Chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los sustratos dentro del nivel de plantación de 90 cm.

TRATAMIENTO	MEDIA (cm).
2 - Hortiperl	24.13
4 - Paja	12.08
1 - Aserrín	8.66
3 - Olote	3.68

Comportamiento del desarrollo de las plantas de Chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los sustratos dentro del nivel de plantación de 120 cm. El desarrollo de las plantas varió desde 24 cm. hasta 4.1 cm.

(CUADRO N°10).

El mejor tratamiento fué el 2 con una media de 24 cm. y que corresponde al sustrato de hortiperl seguido del tratamiento 4, con una media de 14 cm. y que corresponde al sustrato de paja en seguida el tratamiento 1 con una media de 9.0 cm. y que corresponde al sustrato Aserrín y el tratamiento que tubo menos efecto fué el 3 con una media de 4.1 cm. y que corresponde al sustrato de Olote.

(CUADRO Nº10).

Comportamiento del desarrollo de las plantas de chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los sustratos dentro del nivel de plantación de 120 cm.

TRATAMIENTO	MEDIA (cm).
2 - Hortiperl	24.00
4 - Paja	14.05
1 - Aserrín	9.01
3 - Olote	4.16

Comportamiento del desarrollo de plantas de chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los sustratos dentro del nivel de plantación de 150 cm. El desarrollo de las plantas varió desde 12,60 cm. hasta 1.9 cm.

(CUADRO Nº11).

Los mejores tratamientos fueron el 4, 2, 1 con una media de 12.6, 12.2, 9.8 cm. y que corresponden a los sustratos de paja, hortiperl y aserrín respectivamente y el tratamiento que tubo menos efecto fué el 3 con una media de 1.9 cm. y que corresponde al sustrato de olote molido.

(CUADRO Nº11).

Comparación del desarrollo de las plantas de chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los sustratos dentro del nivel de plantación de 150 cm.

TRATAMIENTO	MEDIA (cm).
4 - Paja	12.68
2 - Hortiperl	12.29
1 - Aserrín	9.86
3 - Olote	1.94

Comportamiento del desarrollo de plantas de chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los tratamientos en los diferentes sustratos.

Una vez analizada cada una de las medias cabe mencionar que el sustrato hortiperl fué utilizado como testigo es decir de ante mano se sabia que este sustrato funcionaba bien por lo que nuestro trabajo consistió en evaluar los sustratos de paja, aserrín, y olote molidos en comparación con el hortiperl.

(Cuadro Nº12).

Y se encontró que el sustrato que tiene mejor efecto es la paja en los niveles de 60, 120, 150 cm. superando inclusive al hortiperl en el nivel de 150 cm.

El siguiente sustrato que tubo más efecto en comparación con el hortiperl después de la paja fué el aserrín, en los niveles de 30, y de 150 cm.

Análisis de varianza para la variable de respuesta de plantas sobrevivientes (datos transformados $(X - 0.2)$).

FV	GL	SC	CM	F	P > F
SUSTRATOS	3	10.79	3.59	29.96	0.000 **
NIVELES	4	0.73	0.18	1.49	0.212
INTERACCION	12	6.12	0.51	4.15	0.03
ERROR	80	9.83	0.12		
TOTAL	90	27.49			

Al hacer el ANVA para la variable de respuesta de plantas vivas se encontró alta significancia entre sustratos por medio de la prueba de tukey, ($P < 0.01$). como se puede apreciar en este cuadro.

PARA LA VARIABLE DE SOBREVIVENCIA DE PLANTAS SE OBTUVIERON LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

La sobrevivencia de plantas por efecto de los sustratos utilizados que varió desde 2 plantas hasta 4 plantas vivas. (fecha de la toma de datos 11 de agosto del 96). (Cuadro N°13).

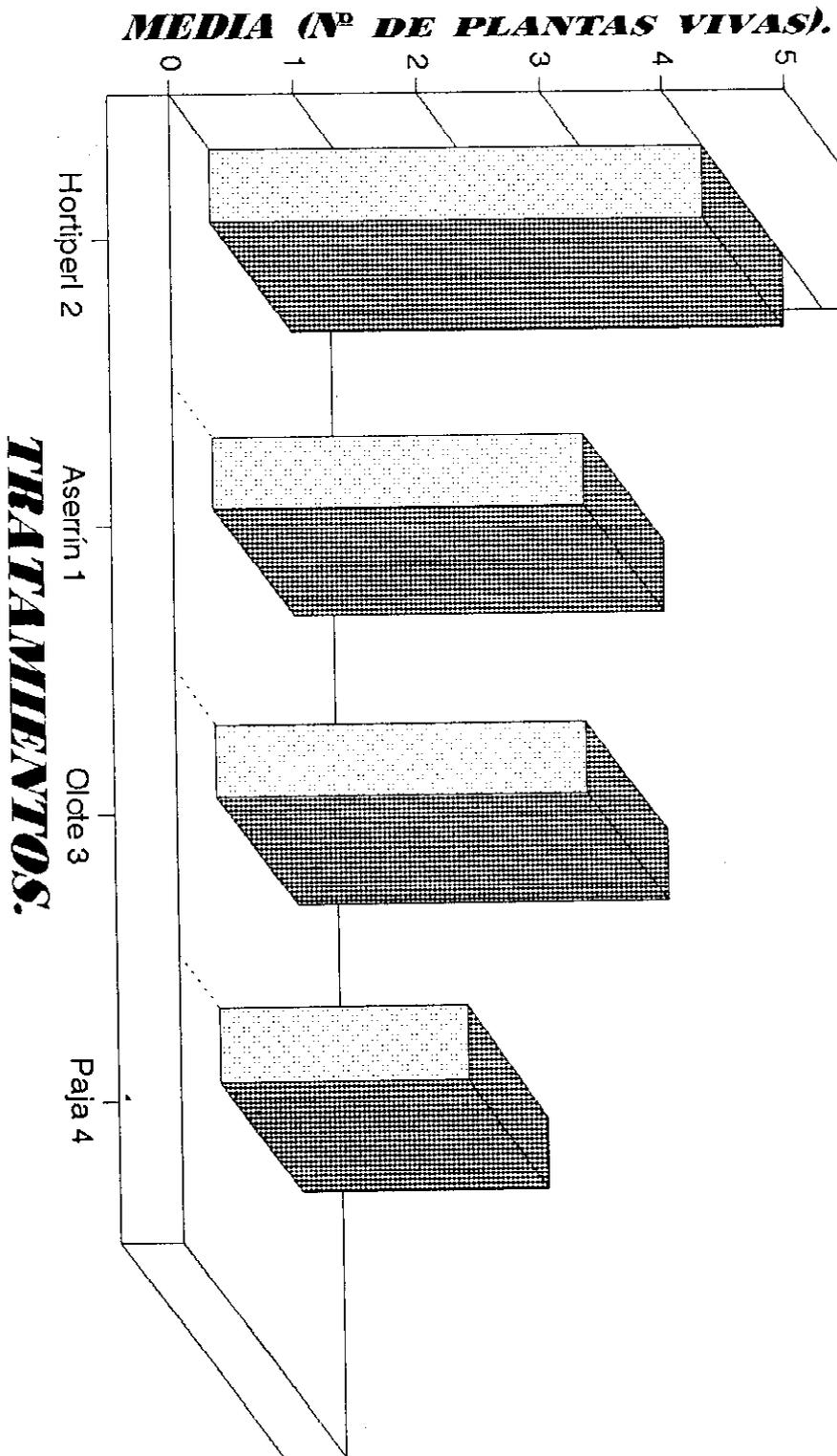
El mejor tratamiento para la sobrevivencia de plantas en los diferentes sustratos corresponde al tratamiento 2 que es la hortiperl, con una media de 4 plantas vivas seguido de los tratamientos 1, 3, con una media de 3 plantas vivas y que corresponde al sustrato de aserrín y Olote respectivamente y el tratamiento que tubo menos efecto fué el 4 con una media de 2 plantas vivas y que corresponde a la paja.

(Cuadro N°13).

Comportamiento de la sobrevivencia de las plantas de chile (*Capsicum annuum* L.) por efecto de los diferentes sustratos. (Grafica N°2).

TRATAMIENTO	MEDIA	Nº DE PLANTAS VIVAS
2- Hortiperl		4
1- Aserrín		3
3- Olote		3
4- Paja		2

GRAFICA Nº2. SOBREVIVENCIA DE PLANTAS DE CHILE.



Por lo que respecta a las plantas sobrevivientes por efecto de los niveles donde fueron establecidas por lo cual no existió diferencia significativa ya que hubo un promedio de 3 plantas sobrevivientes.

(Cuadro N°14).

Comportamiento de la sobrevivencia de plantas de Chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los niveles a los que fueron trasplantadas.

NIVELES		MEDIA N° DE PLANTAS VIVAS.
1 -	30	3
2 -	60	3
3 -	90	3
4 -	120	3
5 -	150	3

Comportamiento de la sobrevivencia de plantas de Chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los niveles de plantación dentro del sustrato de **aserrín**. por lo que respecta a esta combinación el comportamiento de plantas sobrevivientes varió desde 4 hasta 2 plantas vivas.

(Cuadro N°15).

El mejor nivel fué el 2 con una media de 4 plantas vivas y que corresponde al nivel de 60 cm. Los siguientes niveles fueron 4,1,3 con una media de 3 plantas vivas y que corresponden a las alturas de 120, 30 y 90 cm. respectivamente y el nivel con menos efecto fué el 5 con una media de 2 plantas vivas y que corresponde a la altura de 150 cm.

(Cuadro N°15).

Comportamiento de la sobrevivencia de las plantas de chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los niveles de plantación dentro del sustrato de **aserrín**.

NIVELES		MEDIA N° DE PLANTAS VIVAS.
2 -	60	4
4 -	120	3
1 -	30	3
3 -	90	3
5 -	150	2

Comportamiento de la sobrevivencia de plantas de chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los niveles de plantación dentro del sustrato de **Hortiperl**.

El comportamiento de las plantas sobrevivientes no vario significativamente quedando una media de 4 plantas vivas en cada uno de los niveles en que fueron plantadas
(Cuadro N°16).

Comportamiento de la sobrevivencia de plantas de chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los niveles de plantación dentro del sustrato de **hortiperl**.

NIVELES		MEDIA N° DE PLANTAS VIVAS
1 -	30	4
2 -	60	4
3 -	90	4
4 -	120	4
5 -	150	4

Comportamiento de la sobrevivencia de plantas de chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los niveles de plantación dentro del sustrato de **Olote**.

El comportamiento de plantas sobrevivientes que varió de 3 a 2 plantas vivas.

(Cuadro N°17).

Los mejores niveles fueron 2, 5, 3 y 1 con una media de 3 plantas vivas y que corresponden a las alturas de 60, 150, 90, 30 cm. Respectivamente y el que tubo menos efecto fué el nivel 4 con una media de 2 plantas vivas y que corresponde a la altura de 120 cm.

(CUADRO N°17).

Comportamiento de la sobrevivencia de plantas de chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los niveles de plantación dentro del sustrato de **Olote**.

NIVELES		MEDIA N° DE PLANTAS VIVAS
2 -	60	3
5 -	150	3
3 -	90	3
1 -	30	3
4 -	120	2

Comportamiento de la sobrevivencia de plantas de chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los niveles de plantación dentro del sustrato de **paja**.

Por lo que respecta a ésta combinación del comportamiento de plantas sobrevivientes que varió desde 3 hasta 1 planta viva.

(Cuadro N°18).

Los mejores niveles fueron 3, 4 con una media de 3 plantas vivas y que corresponden a las alturas de 90, 120 cm. respectivamente, seguido del nivel 5 con una media de 2 plantas vivas y que corresponde a la altura 150 cm. y por ultimo los niveles que tuvieron menos efecto fueron 2, 1 con una media de 1 planta viva y que corresponden a las alturas de 60, 30 cm. respectivamente.

(Cuadro N°18).

Comportamiento de la sobrevivencia de plantas de chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los niveles de plantación dentro del sustrato de paja.

NIVELES		MEDIA N° DE PLANTAS VIVAS
3 -	90	3
4 -	120	3
5 -	150	2
2 -	60	1
1 -	30	1

Comportamiento de la sobrevivencia de plantas de chile (*Capsicum annuum L.*) en los sustratos dentro del nivel de plantación de 30 cm. La sobrevivencia de plantas varió desde 4 hasta 1 planta viva.

(Cuadro Nº 19).

El mejor tratamiento fué el 2 con una media de 4 plantas vivas y que corresponde al sustrato de Hortiperl seguido de los tratamientos 1, 3 con una media de 3 plantas vivas y que corresponde al sustrato de aserrín y Olote. respectivamente y el que tubo menos efecto fué el tratamiento 4 con una media de una planta viva y corresponde al sustrato de paja.

(Cuadro Nº19).

Comportamiento de la sobrevivencia de plantas de chile (*Capsicum annum L.*) por efecto de los sustratos dentro del nivel de plantación de 30 cm.

TRATAMIENTO	MEDIA Nº DE PLANTAS VIVAS.
2 - Hortiperl	4
1 - Aserrín	3
3 - Olote	3
4 - Paja	1

Comportamiento de la sobrevivencia de plantas de chile (*Capsicum annum L.*) por efecto de los sustratos dentro del nivel de plantación de 60 cm. La sobrevivencia de plantas varió desde 4 hasta 1 planta viva.

(Cuadro Nº20).

Los mejores tratamientos fueron 1, 2 con una media de 4 plantas vivas y que corresponden al sustrato de aserrín y hortiperl. respectivamente, el siguiente tratamiento fué el 3 con una media de 3 plantas vivas y que corresponde al sustrato de olote y el tratamiento que tubo menos efecto fué

el 4 con una media de 1 planta viva y que corresponde al sustrato de paja.

(Cuadro N°20).

Comportamiento de la sobrevivencia de plantas de Chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los sustratos dentro del nivel de plantación de 60 cm.

TRATAMIENTO	MEDIA N° DE PLANTAS VIVAS
1 - Aserrín	4
2 - Hortiperl	4
3 - Olote	3
4 - Paja	1

Comportamiento de la sobrevivencia de plantas de Chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los sustratos dentro del nivel de plantación de 90 cm. La sobrevivencia de plantas varió desde 4 hasta 3 plantas vivas

(Cuadro N°21).

El mejor tratamiento fué el 2 con una media de 4 plantas vivas y que corresponde al sustrato de hortiperl y los siguientes tratamientos que tuvieron efecto fueron 3,4 1 respectivamente con una media de 3 plantas vivas y que corresponde a los sustratos de Olote, paja y aserrín respectivamente.

(Cuadro N°21).

Comportamiento de la sobrevivencia de plantas de chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los sustratos dentro del nivel de plantación de 90 cm.

TRATAMIENTO	MEDIA N° DE PLANTAS VIVAS
2 - Hortiperl	4
3 - Olote	3
4 - Paja	3
1 - Aserrín	3

Comportamiento de la sobrevivencia de plantas de chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los sustratos dentro del nivel de plantación de 120 cm. por lo que respecta a ésta combinación de la sobrevivencia de plantas que varió desde 4 hasta 2 plantas vivas.

(Cuadro N°22).

El mejor tratamiento fué el 2 con una media de 4 plantas vivas y que corresponde al sustrato de hortiperl seguido de los tratamientos 1, 4 con una media de 3 plantas vivas y que corresponde a los sustratos de aserrín, paja respectivamente y el tratamiento que tubo menos efecto fué el 3 con una media de 2 plantas vivas y que corresponde al sustrato de olote.

(Cuadro N°22).

Comportamiento de la sobrevivencia de plantas de chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los sustratos dentro del nivel de plantación de 120 cm.

TRATAMIENTO	MEDIA N° DE PLANTAS VIVAS
2 - Hortiperl	4
1 - Aserrín	3
4 - Paja	3
3 - Olote	2

Comportamiento de la sobrevivencia de plantas de chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los sustratos dentro del nivel de plantación de 150 cm.

Por lo que respecta a la sobrevivencia de plantas varió desde 4 hasta 2 plantas vivas.

(Cuadro N°23).

El mejor tratamiento fué el 2 con una media de 4 plantas vivas y que corresponde al sustrato de hortiperl seguido del tratamiento 3 con una media de 3 plantas vivas y que corresponde al sustrato de olote y los tratamientos que tuvieron menos efecto fueron 1, 4 con una media de 2 plantas vivas y que corresponden a los sustratos de aserrín y paja respectivamente.

(Cuadro N°23).

Comportamiento de la sobrevivencia de plantas de chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los sustratos dentro del nivel de plantación de 150 cm.

TRATAMIENTO	MEDIA N° DE PLANTAS VIVAS
2 - Hortiperl	4
3 - Olote	3
1 - Aserrín	2
4 - Paja	2

Comportamiento de la sobrevivencia de plantas de chile (*Capsicum annuum L.*) por efecto de los tratamientos una vez analizado cada uno de estos cabe mencionar que el sustrato hortiperl fue utilizado como testigo es decir de antemano se sabia que este sustrato funcionaba bien por lo que nuestro trabajo consistió en evaluar los sustratos paja, aserrín y olote molidos en comparación con la hortiperl.

En resumen se encontró que el sustrato que tiene el mejor efecto en la sobrevivencia de plantas fué el aserrín.

En comparación con el hortiperl y enseguida fue el olote y por último el que tubo menos efecto fué el sustrato de paja. Como se puede observar a continuación.

TRATAMIENTOS	NIVELES	PLANTAS VIVAS
--------------	---------	---------------

HORTIPERL.

1 -	30	4
2 -	60	4
3 -	90	4
4 -	120	4
5 -	150	4

ASERRIN.

2 -	60	4
1 -	30	3
4 -	120	3
5 -	150	2
3 -	90	2

LOTE.

2 -	60	3
3 -	90	3
5 -	150	3
4 -	120	3
1 -	30	3

PAJA.

1 -	30	1
2 -	60	1
3 -	90	3
4 -	120	3
5 -	150	2

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En base a los resultados obtenidos; se puede concluir lo siguiente:

* Los mejores sustratos fueron Paja de trigo y el Aserrín molidos en comparación con la hortiperl.

Y esto resulto de los análisis y observaciones realizadas y que la paja mostró un mejor efecto en la variable desarrollo y para la variable de sobrevivencia de plantas fue el sustrato de aserrín.

* Es necesario esterilizar los materiales para prevenir la presencia de patógenos que nos dañen el cultivo.

* Es necesario realizar un compostado de los sustratos para que se establezcan mejor las plantas y obtengan un mejor desarrollo.

* Se deben moler mas finos los sustratos empleados para mejorar el desarrollo de la raíz.

* Se debe reducir la altura de los módulos para que la concentración de nutrientes lleguen uniforme mente hasta el ultimo nivel del modulo.

* Aumentar la formula de fertilización en un 20 % más para eliminar las deficiencias nutricionales.

* La edad del trasplante debe ser la adecuada para que este factor no afecte la manifestación del potencial genético en la producción.

VI. BIBLIOGRAFIA.

1. Bolívar, D. M. 1987. Salinidad, mejoradores de suelo y elementos nutritivos en el desarrollo del guayule. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pág. 178.
2. Bonner, J. Y A. W. Galston. 1957. Principios de Fisiología Vegetal. E. Aguilar. Madrid, España. pág. 485.
3. Bidwell, R. G. S. Profesor de Biología, Queess University Kingston. Ontario, Canadá, Fisiología Vegetal, Primera Ed. por AGT EDITOR, S.A. Pág. 784.
4. Burg, A. 1983. Tecnología en Nínive y Babilonia. "Los jardines colgantes." información científica y tecnológica. vol. 5 N° 80. México, D.F.

5. Castañón N., L. 1976. Producción de forraje con plántulas a través de hidroponia, como eficiente en la producción de proteínas y uso de agua, comparando diferentes soluciones nutritivas. Tesis. Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo Coahuila, México.
6. CONACYT Y SECOBI. 1988. Consulta de "técnicas hidropónicas" en invernadero. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
7. Durany, U. C. 1973. Hidroponia, cultivo de plantas sin tierra. Editorial Sintet, S. A., España.
8. Ellis, C., M. W. Swaney. 1958. Soilless growth of plants. Fifth printing, Reinhold publishing corporation, U.S.A.
9. García, P. I. 1988. Evaluación de cinco cultivos forrajeros con la técnica de hidroponia y la aplicación de Biozyne bajo condiciones de invernadero. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila, México. pág. 160

10. Gómez, p. p. 1975. Riegos a presión, aspersión y goteo. primera Edición. Editorial AEDOS. España. pág. 245
11. Huterwal, G.O. 1983. Hidroponia. Cultivo de plantas sin tierra. Editorial ALBATROS. Buenos Aires, ARGENTINA. pág. 253.
12. Loes, p. 1983. Ganadería hidropónica. Agricultura de las Americas. Año 32. Nº 10. Kansas City, U.S.A.
13. Penningsfeld, F., p. kurzmann. 1975. Cultivos Hidropónicos y en Turba. Ediciones Mundi-prensa, España.
14. Sánchez, Del C. F. Y E. R. Escalante, R. 1988. hidroponia. Principios y métodos de cultivo. Universidad Autónoma Chapingo. Tercera Edición México. pág. 195.
15. SARH, INIFAP, CIFAPEM. 1988. Guía para la asistencia técnica agrícola, área de influencia del Campo Experimental Zacatepec Morelos, México. pág. 194.

16. SEP; DGETA; FAO., Y PNUD. 1988. Chiles, pimiento y tomates. Manual para la educación agropecuaria. 7ª Reimpresión Editorial Trillas. México. Pág. 58.
17. Solano, M. C.M. 1985. Sistemas de producción en Hidroponia. Monografía. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Pág. 124.
18. Toovey, W.F. Y otros. 1982. Producción comercial de chiles. Editorial ACRIBIA. Zaragoza, España. pág. 184.
19. Valadez, L. A. 1996. Producción de hortalizas. Quinta Reimpresión. Editorial LIMUSA, S. A. México. pág. 298.
20. Watts, R.L., y Searle, W. G. 1954. The vegetable growing Business. Orange Judd publishing Company, Inc. New York E.U. pág. 542.
21. Wager, A. V. 1976. All about tomatoes, chiles. Third Edition. PURNELL and Sons (S.A.). South Africa. pág. 98.