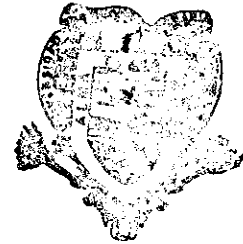
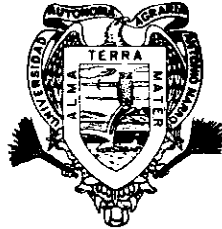


**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
DIVISION DE AGRONOMIA**



**BIBLIOTECA
EGIDIO G. NAJERA
U. A. A. A. N.
SALTILLO, COAH.**

***Evaluación de Cuatro Sustratos en Hidroponía
bajo el Sistema Vertical, con Tomate
(Lycopersicon esculentum Mill)***

Por:

ERNESTO AREVALO NAVARRO.

TESIS

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

Ingeniero Agrónomo Fitotecnista

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Enero de 1997

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

" Evaluación de cuatro sustratos en hidroponía bajo el sistema vertical, con tomate (Lycopersicon esculentum M.) "

POR:

ERNESTO AREVALO NAVARRO

Que 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. Sc. Efraín Castro Gil.

1er. Vocal.

Ing. Pedro E. García Solls

2º. Vocal.

Ing. Alfredo De León Rgz.

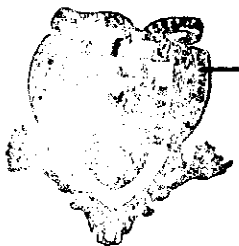
Vocal suplente.

Ing. Martha M. Sánchez Arredondo.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"**

Coordinador de la División de Agronomía.

Ing. Mariano Flores Dávila.



**División de Agronomía
Coordinación**

**BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONATO
U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, Méx.
SALTILLO, COAH. Enero-1997.**

DEDICATORIA.

A MIS PADRES:

Quince siempre me han brindado su apoyo y comprensión.

A MIS HERMANOS:

Con cariño y afecto fraternales.

A M. C. T. G.:

Por enseñarme cuán necesaria es una mujer para la vida de un hombre.

AGRADECIMIENTO.

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

- M. Sc. Efraín Castro Gil, por su valiosa asesoría.**
- Ing. Pedro E. García Solís, por su colaboración en éste trabajo.**
- Ing. Emilio Padrón Corral, 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.**
- Ing. Alfredo De León Rodríguez.**

INDICE DE CONTENIDO.

Página.

1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	
2.1. Definición de hidroponia.	5
2.2. Historia y origen.. . . .	6
2.3. Importancia de la hidroponia	10
2.4. Ventajas y desventajas de la hidroponia. . .	12
2.5. La solución nutritiva.	16
2.5.1. Papel de los elementos minerales	20
2.5.2. Preparación de las soluciones nutritivas.	21
2.5.3. Síntomas de exceso y deficiencias de nutrientes	22
2.6. Influencia y control del pH.	25
2.7. Sustratos empleados en hidroponia.	27
2.7.1. Características en general de los sust.	27
2.7.2. Descripción de los sustratos empleados.. en el presente trabajo	29
2.8. Tipos de cultivos desarrollados en hidrop..	31
2.9. Sistemas de riego utilizados en hidroponia.	32
2.10. Características de la especie utilizada ..	35

3. MATERIALES Y METODOS.

3.1. Localización geográfica del lugar exp. ..	39
3.2. Superficie experimental	39
3.3. Clima	39
3.4. Diseño experimental.	40
3.5. Construcción de los módulos y llenado. ..	40
3.6. Instalación del sistema de riego	42
3.7. Transplante	43
3.8. Fertilización	44
3.9. Riegos	49
3.10. Toma de datos	50

Plantas establecidas

Longitud de plantas

Floración

Rendimiento

3.11. Control de plagas y enfermedades	51
3.12. Etapa de correcciones de deficiencias. ..	52
3.13. Tutoraje	53

4. RESULTADOS Y DISCUSION.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.. .. .	66
---------------------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

APÉNDICE

INDICE DE CUADROS.

CUADRO No.	pagina.
1.- Diagrama del diseño experimental	41
2.- Productos para preparar la fórmula del Dr. Gericke	45
3.- Determinación del PS y PH de un litro de sustrato	54
4.- Concentración de resultados del UC y requerimientos de riego del cultivo	58
5.- ANVA para plantas establecidas	59
6.- Medias del factor sustratos (plantas establecidas)	60
7.- ANVA para longitud de plantas	62
8.- Medias del factor sustratos (longitud de plantas)	63
9.- Comparación múltiple de medias por el Método de Tukey (longitud de plantas)	63

INDICE DE GRÁFICAS.

GRÁFICA No.	pagina.
1.- Plantas establecidas	61
2.- Longitud de plantas	65

INTRODUCCIÓN.

La técnica de producción de cultivos sin suelo ha venido cobrando importancia como una alternativa de producción en la agricultura moderna a escala mundial y también en nuestro país. Se puede decir que cada vez se cobra mayor importancia, principalmente para los países desarrollados, pues es aquí donde la investigación avanza a pasos agigantados. Para los países en vías de desarrollo como el nuestro, no resulta menos importante.

Con la aparición de los plásticos, los métodos de producción han sufrido cambios muy importantes, tal es el caso del sistema vertical con el cual se busca principalmente ahorrar espacio y sobre todo se logra incrementar la productividad.

La hidroponia es una ciencia joven, habiendo sido usada bajo una base comercial desde hace solamente cuarenta años; no obstante, aún en este relativamente corto periodo de tiempo, ha podido adaptarse a diversas situaciones.

La hidroponia es un medio excelente para crecer verdura fresco solamente en los países que tengan poca tierra cultivable, sino también en aquellos que teniendo pequeña superficie tengan, no obstante, una gran población 18).

En esta investigación se trabajó evaluando los sustratos de aserrín de madera, hortiperl, olote molido y paja de trigo molida, en el sistema vertical con Lycopersicon esculentum Mill.

OBJETIVOS:

- Evaluar cuatro sustratos diferentes, en hidroponia bajo el sistema vertical.

- Encontrar algún sustrato que por sus características sea óptimo para la producción hidropónica.

- Estar en condiciones de recomendar alguno de los sustratos manejados como alternativa de producción para hidroponia.

HIPÓTESIS:

--- La paja de trigo será el sustrato que por su naturaleza presente las mejores características como sustrato para el desarrollo de los cultivos en hidroponia.

2. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. DEFINICIÓN DE HIDROPONIA.

El término hidroponia deriva de los vocablos griegos "hydro", que significa agua, y "ponos", equivalente a trabajo o actividad. Literalmente se traduce como "trabajo del agua"(19).

Se puede definir a la hidroponia como un sistema de producción en el cual las raíces de las plantas se riegan con una mezcla de elementos nutritivos esenciales disueltos en agua y en el que, en vez de suelo, se utiliza como sustrato un material inerte, o simplemente la misma solución.

En otras palabras, significa que la humedad ya no dependerá exclusivamente de la tierra para su sustento, obteniendo importantes cosechas sin depender del suelo directamente, pudiendo elegir el sitio que les resulte más conveniente (López, 1976; citado por Almanza, 1984).

2.2. HISTORIA Y ORIGEN.

El cultivo de las plantas sin tierra, se ha desarrollado a partir de los descubrimientos hechos en las experiencias llevadas a cabo para determinar que sustancias hacen crecer a las plantas y la composición de ellas. Este trabajo sobre los constituyentes de las plantas comenzó tiempo atrás, hacia el año 1600; no obstante, las plantas fueron cultivadas sin tierra mucho antes de esto (18).

El conocimiento que hoy se tiene de la hidroponia es el resultado del trabajo de muchos investigadores, como a continuación se ejemplifica.

Jan Van Helmont, (1600); citado por Sánchez, (1988). Creyó haber probado que las plantas obtenían sus nutrimentos del agua. Su experimento consistió en colocar una plantita de sauce de poco más de 2 kg de peso en un tubo que contenía aproximadamente 80 kg. de suelo seco, el cual fué cubierto para evitar cualquier aporte externo de polvo. Por cinco años, sólo se le añadió agua de lluvia. Al final del experimento la planta aumentó 64 kg mientras que el suelo sólo perdió 60 gr de peso, lo cual Van Helmont consideró una cantidad insignificante.

Woodward, (1699); citado por **Sánchez, (1988)**. Constató en su libro *Some thoughts and experiments concerning vegetation*, que la adición de pequeñas cantidades de suelo a diferentes tipos de agua mejoraba el crecimiento de las plantas. El concluyó diciendo que "es la tierra y no el agua la materia que constituye a los vegetales".

De Sausure, (1804) y Boussingault, (1851-1856); citados por **Sánchez, (1988)**. Mostraron que las plantas contienen bióxido de carbono, oxígeno, hidrógeno y nitrógeno. De Sausure trabajó mediante "cultivo en agua" y Boussingault mediante "cultivo en arena" y "cultivo en carbón".

Sacks, (1860) y Knops, (1861-1865); citados por **Sánchez, (1988)**. Son los que fijaron las bases para el surgimiento de la hidroponía. Descubren que además de bióxido de carbono, oxígeno e hidrógeno, las plantas requieren de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y fierro. Publican las primeras fórmulas de soluciones nutritivas, a partir de las cuales se han desarrollado muchas más, como las de Tollens (1882), Tottingham (1914), Shive (1915), etc.

Robbins, (1928); citado por **Sánchez, (1988)**. Indicó, después de varios trabajos, que había muchas posibilidades de usar el sistema hidropónico de cultivo en arena a escala

Gericke, (1929); citado por Sánchez, (1988). Fué el primero en desarrollar exitosamente un sistema práctico (comercial) de cultivo hidropónico. Es con el trabajo de Gericke que surge el término hidroponia. Gericke y J. R. Travernett (1936) publican un trabajo en el que desarrollan el sistema original de Gericke; reportan que en 9.2 metros cuadrados de área cultivada obtuvieron una tonelada de jitomates de buena calidad al alcanzar las plantas una altura de 7.5 metros en menos de un año. A pesar del entusiasmo que esto despertó en la gente, este método no pudo popularizarse debido al alto grado de conocimiento técnico y a la experiencia práctica que se requería para manejar económicamente el sistema.

Withrow y Biebel, (1936); citados por Sánchez, (1988). Perfeccionan un mecanismo automático de riego por subirrigación (de abajo hacia arriba).

En 1938 la hidroponia entró en el campo de la horticultura práctica. Grandes hoticultores de Estados Unidos trabajaron con tinas hidropónicas, de los cuales una buena cantidad fracasó debido principalmente a la falta de información sobre el sistema y a lo costoso de los accesorios necesarios para operar (19).

Durante la Segunda Guerra Mundial el ejército de los Estados Unidos construyó varias instalaciones hidropónicas con el objeto de abastecer de hortalizas frescas a los soldados estacionados en lugares aislados. Durante el período de la ocupación estadounidense al Japón (al terminar la Segunda Guerra Mundial), el ejército de Estados Unidos construyó en la isla de Chofú la instalación hidropónica más grande del mundo con 31 hectáreas (19).

Con el paso del tiempo, el desarrollo de la hidroponía se ha venido incrementando, tanto a nivel comercial, como en programas de investigación.

Tomando en consideración que en un principio la hidroponía era compleja, ahora se busca principalmente que los sistemas hidropónicos sean más baratos y fáciles de manejar por la gente no preparada en fisiología vegetal, química y sistemas hidropónicos complejos, además se pretende que los estudios abarquen diversos aspectos de nutrición vegetal.

2.3. 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 periodo de crecimiento se ve afectado por las temperaturas bajas sobre todo por aquellas que causan heladas y temperaturas altas que también provocan desorganizaciones fisiológicas (11).

Otro factor limitante para la actividad agrícola lo constituye el suelo, que puede tener problemas con salinidad, drenaje deficiente, pedregocidad, capa arable somera y la topografía que puede ayudar al fenómeno de erosión, por lo tanto, una aplicación interesante de los cultivos sin tierra es su explotación en ciertas zonas desérticas o de suelo árido y en general para todos aquellos suelos que presenten los problemas mencionados. Diversos investigadores reportan que la hidroponia es el sistema de producción agrícola más eficiente en el uso de agua y en el que se obtiene mayor productividad.

Se puede así producir, con algunos productos químicos (fertilizantes y agua) legumbres frescas, lo que puede hacer agradables los menús evitando las deficiencias por

El laboreo, y la fatiga debidos a una explotación intensiva quedan suprimidos. La fertilización, el riego, son reemplazados por prácticas justificables de una dosificación precisa (18).

Las enfermedades y plagas del suelo son eliminadas, puesto que no encuentran un medio que les permita prosperar. La germinación de malezas es imposible y los escaudeos evitados en consecuencia (14).

La hidroponia resulta una herramienta importante para reproducir la sintomatología producida por disturbios fisiológicos. Así Bolivar en 1987, utilizó para este fin plantas de Guayule (Parthenium argentatum Gray) de tres meses de edad aproximadamente y la solución empleada como patrón para la preparación de los tratamientos en esta etapa fué la completa de Hoagland.

En México muy poca gente utiliza esta técnica, debido al poco conocimiento que se tiene de ella, junto con la falta de literatura, factores por los cuales no se ha desarrollado mucho en el país. Existen instalaciones hidropónicas en el Distrito Federal, Cuernavaca, Monterrey, Jalisco y Coahuila, donde se cultivan plantas hornamentales y algunas hortícolas (Solano, 1985; citado por García, 1988).

Hay otras empresas que están utilizando esta técnica aún a nivel axperimental, sin embargo, les está dando muy buenos resultados, tal es el caso de invernaderos en el Estado de Michoacán, Veracruz y Chiapas, dedicados fundamentalmente a la producción de flores.

2.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA HIDROPÓNICO.

El sistema de producción, a través de cultivos hidropónicos, como cualquier otro, presenta sus ventajas y sus desventajas.

VENTAJAS.

El gran incremento en productividad de las cosechas con el cultivo hidropónico frente a las normales es producido normalmente por diversos factores. En algunos casos, el suelo puede haber sido excepcionalmente pobre; así, pués, el cultivo sin suelo sería en este caso muy benéfico. Hay un mejor control de las condiciones fitosanitarias, o sea, se elimina prácticamente la presencia de insectos, enfermedades y malezas, que en el suelo reducen considerablemente las producciones de forma natural.

Hay una mayor eficiencia en la regularización de nutrición, ya que corregir deficiencias en el suelo nos lleva muchos días de trabajo; su posibilidad de empleo en regiones del mundo que carecen de tierras cultivables; una utilización más eficiente del agua y fertilizantes, o sea, la fertilización y el riego, son reemplazados por prácticas justificables y una dosificación precisa (se gasta 20 veces menos que en el suelo aproximadamente). Es posible también una mayor densidad de plantación que nos conduce a la mayor productividad, puede afirmarse, en primer término, que es posible comparar los rendimientos de los cultivos hidropónicos a los rendimientos obtenidos en los cultivos ordinarios con la seguridad de superarlos.

Otras ventajas igualmente importantes son:

- Balance ideal del aire, agua y nutrientes, es posible mantener el rango óptimo requerido por los cultivos.
- Excelente drenaje.
- Perfecto control de pH.
- No se depende tanto de las condiciones meteorológicas, ya que normalmente los cultivos se protegen contra los vientos fuertes, las granizadas, las altas y bajas temperaturas, sequías, etc.

- Mayor calidad del producto, consecuentemente mayor uniformidad, peso, color y limpieza sanitaria.
- Mayor precocidad de los cultivos.
- Se puede cultivar repetidamente o en serie, programada la misma especie de plantas.
- Se pueden producir varias cosechas al año, lo que nos da la posibilidad de capturar mejores mercados o abastecer a un solo mercado durante todo el año.
- Uniformidad en los cultivos.
- Reducción en los costos de producción, ya que la eficiencia del sistema se logra mantener año con año a bajo costo.
- Existe la posibilidad de una automatización casi completa.
- Proporciona excelentes condiciones para semillero.
- La recuperación de la inversión es rápida.
- La posibilidad de enriquecer los productos alimenticios con sustancias adicionales, tales como vitaminas o minerales.
- EL uso de materiales nativos y/o de desecho (paja de trigo, olote, aserrín).
- Posibilidad de usar mano de obra no calificada.
- Reducción en gran medida de la contaminación del medio y los riesgos de erosión.
- El uso de pesticidas es mínimo.
- La dificultad técnica es mínima, ya que es fácil su aprendizaje.

- Casi no hay gasto en maquinaria agrícola, ya que no se requiere tractor, arado u otros implementos semejantes.
- Se tiene un calendario de riegos a intervalos apropiados para cada cultivo.
- Se pueden aplicar tanto agua como fertilizantes simultáneamente de acuerdo a las necesidades del cultivo.

DESVENTAJAS.

Las mayores desventajas de los cultivos hidropónicos son los elevados costos de capital iniciales, así como algunas enfermedades como Fusarium y Verticillium, las cuales pueden extenderse rápidamente a través de este sistema, y la aparición de problemas nutricionales complejos.

Otras desventajas son:

- Requiere para su manejo (a nivel comercial) de conocimiento técnico combinado con la comprensión de los principios de fisiología vegetal y de química, entre otros.
- Se requiere cuidados con los detalles como: hacer la mezcla de la solución nutritiva en forma correcta; usar tubería y depósitos adecuados.
- Analizar el agua utilizada para preparar la solución.
- Mantener el pH de la solución en el rango requerido por el cultivo.

- Mantener riguroso control de la solución.
- Requiere de eficiente sistema de aireación.
- Problemas de anclaje, ya que no hay ningún tipo de material que sirva de sostén por lo que puede haber acame.
- Es necesario conocer a fondo el manejo y el comportamiento de las especies que se cultivan.
- Requiere de un abastecimiento continuo de agua.
- Se debe proporcionar temperatura adecuada de la solución y evitar cambios bruscos de la misma.

La mayoría de estas desventajas pueden solucionarse, los costos de capital y la complejidad de trabajo de este sistema pueden ser reducidos utilizando nuevos métodos hidropónicos más simples que pueda adecuarse a las condiciones económicas del productor, así como el uso de muchas variedades resistentes a las enfermedades ya indicadas (Sánchez y Escalante, 1981; citado por Almanza, 1984).

2.5. LA SOLUCIÓN NUTRITIVA.

El agua es el principal elemento que interviene en el crecimiento. Pero la porción mayor, generalmente el 90% de la materia seca de casi todas las plantas, está constituida por tres elementos químicos: carbono, oxígeno e hidrógeno (4).

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

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 (Ellis, 1958; Durany, 1973; Penningsfeld, 1975; citados por Solano, 1985).

La especificación de la concentración de los nutrientes se ha expresado de varias maneras, tales como: gramos por litro, miligramos equivalentes por litro, átomos microgramo, soluciones normales, soluciones molares y partes por millón, siendo los últimos tres los más usados (Bentley, 1974; Durany, 1973; Ellis, 1958; Harris, 1977; Hewitt, 1966; citados por Solano, 1985; García, 1988).

Se ha probado que los siguientes elementos son esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas: C, H, O, N, P, K, Ca, S, Mg, Mn, Bo, Cu, Zn, Mo, Fe. Existen evidencias de que el Al y Cl tienen marcada importancia en el crecimiento de ciertas especies vegetales (Sánchez, 1983; citado por García, 1988).

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

- Que la planta no pueda completar su ciclo de vida en ausencia del elemento.
- La función del elemento debe ser específica; ningún otro elemento puede sustituirlo completamente.
- El elemento debe mostrar estar directamente comprometido en la nutrición de la planta, esto es, ser constituyente de un metabolito esencial o al menos, requerido para la acción de una enzima esencial (Gauch, 1972; citado por Solano, 1985).
- Que el síntoma de deficiencia presentado, sea corregido únicamente por el elemento en cuestión (García, 1988).

Para que una planta pueda aprovechar los elementos esenciales del medio nutritivo, deben estar en forma iónica específica (Ellis, 1958; Epstein, 1972; Gauch, 1972; Hewitt, 1966; Sutcliffe, 1974; citados por Solano, 1985).

Hay seis tipos de agua, los cuales pueden ser utilizados, y están dados en el orden de preferencia en la cual deberían ser usados:

- Agua de lluvia,
- Agua de río o presa,
- Agua de manantial o de pozo, y
- Agua de la ciudad.

Agua destilada y agua evaporada de mar se puede usar pero es muy cara para conseguiria (Ellis, 1958; Gauch, 1972; Hewitt, 1966; citados por Solano, 1985).

Después de varios años de investigación, se ha llegado a concluir que no existe una solución teórica ideal para un cultivo en particular y que la concentración óptima de 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), la estación del año, el clima, la calidad del agua y del estado de desarrollo de la planta (Sánchez, 1983; citado por García, 1988).

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 es 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; citado por García, 1988).

2.5.1. PAPEL DE LOS ELEMENTOS MINERALES.

El papel de los elementos minerales en la nutrición de las plantas 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 dá lo siguiente:

- Abastecen material para construcción del protoplasma celular.
- Abastecen de material para la construcción de la pared celular.
- Tienen influencia en la presión osmótica de la savia de la célula.
- Tienen influencia en la acción buffer de la savia celular.
- Tienen influencia en el grado de hidratación del protoplasma.
- Tienen influencia en la permeabilidad de las membranas celulares.
- Reaccionan como agentes catalíticos para ciertas funciones fisiológicas (Ellis, 1951; citado por García, 1988).

2.5.2. PREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS.

Para la preparación de soluciones nutritivas puede dividirse en dos pasos generales:

- 1.- Adición de los macroelementos, y
- 2.- Adición de los microelementos (Ellis, 1958; citado por Solano, 1985).

Para la adición de los macroelementos se utilizan generalmente tres métodos:

a).- Método de la solución madre. Las sales a usar se disuelven en agua para hacer una solución concentrada, esta solución se va diluyendo a medida que se vaya a emplear.

b).- Método de las sales en seco. Las sales en seco son añadidas directamente al agua. Después de que las cantidades de sales son pesadas, se añaden separadamente al agua en el depósito.

c).- Método de las sales mezcladas en seco. Las sales son mezcladas juntas en forma seca como un fertilizante

... después se añaden al agua.

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

2.5.3. 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 obran sobre la planta mucho más rápidamente que en el segundo (Turner, 1939; citado por Solano, 1985).

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 con respecto al follaje es abajo de lo normal (Gericke, 1945; citado por Solano, 1985).

Fósforo.- Los síntomas son muy parecidos a los síntomas de deficiencia de nitrógeno (follaje verde claro, las hojas nuevas son relativamente pequeñas, en nervaduras y 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, el follaje y los tallos viejos se hacen quebradizos, las hojas se llegan a desprender (Saunby, 1959; citado por Solano, 1985).

Calcio.- La absorción de calcio en forma excesiva es posible bajo condiciones culturales desfavorables, las plantas usualmente encuentran difícil aprovechar el hierro, lo que hace que el follaje sea de color clorótico (Gericke, 1945; citado por Solano, 1985).

Hierro.- Concentraciones tóxicas de hierro dañan a la planta debido a que reacciona con el protoplasma de sus raíces. Las puntas de las nuevas raíces se ponen de color café, pudiendo llegar a causar rompimiento completo del sistema radicular.

Elementos menores.- Son muy tóxicos para el crecimiento de las plantas. Se ve una clorosis entre las nervaduras de

... las nervaduras de las hojas

DEFICIENCIAS 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 las nervaduras y peciolo 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 tienen con frecuencia mayor desarrollo que la planta; el aspecto general es el de una planta diminuta y mal desarrollada (Hambidge, 1941; citado por Solano, 1985).

Fósforo.- Los efectos se manifiestan en toda la planta, en el primer periodo las hojas amarillean en los márgenes, en un periodo avanzado hay muerte y caída 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 fuerte pigmentación rojo-púrpura (Gericke, 1945; citado por Solano, 1985).

Potasio.- Los efectos se manifiestan generalmente en las hojas más viejas, generalmente con manchas necróticas cerca de la punta y de los márgenes; hojas relativamente pequeñas. Las plantas son más susceptibles a plagas y enfermedades (Gericke, 1945; citado por Solano, 1985).

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 a veces retorcidas en la punta. El tamaño de la hoja puede estar notablemente reducido (Gericke, 1945; citado por Solano, 1985).

Hierro.- Los efectos están localizados en las hojas nuevas, la yema terminal permanece viva, las hojas muestran clorosis entre las nervaduras; estos permanecen verdes. En los casos extremos, se secan los márgenes de las hojas y estas se caen de las ramas (Gericke, 1945, citado por Solano, 1985).

Boro.- Los efectos están localizados en las hojas nuevas, la yema terminal muere, alteraciones de las hojas jóvenes en la base, tallos y peciolo quebradizos (Gericke, 1945; citado por Solano, 1985).

2.6. INFLUENCIA Y CONTROL DEL pH.

Uno de los factores más importantes en los cultivos hidropónicos, es de mantener la acidez o alcalinidad en la solución, con frecuencia el fracaso es debido a éste factor.

La mayoría de las soluciones nutritivas eficientes tienen valores de pH entre 5 y 6, y estos límites están asociados con el crecimiento saludable de muchas plantas.

Daños en la raíz y depresión en la toma de nutrientes particularmente de calcio y de potasio, puede ocurrir a valores de pH bajo, especialmente a pH de 4 ó menos (Islam, 1980; citado por Solano, 1985).

Algunas técnicas pueden usarse para estabilizar el pH de una solución, éstas son:

- Uso del sulfato de amonio.
- Ajustar el nivel de fosfato.
- Adición de ácidos ó álcalis.

Otros dos factores son bastante importantes: apropiada acidificación del agua y apropiada selección de la solución nutritiva (Hewitt, 1966; citado por Solano, 1985).

En lo referente al pH, nivel de fosfatos y fierro, toma importancia si el nivel de fosfatos es elevado, ya que ocurre la precipitación excesiva de elementos menores, principalmente fierro. Esto es particularmente cierto en soluciones desbalanceadas, las cuales tienden a la

que el sistema tiene un balance

adecuado entre los iones ácidos y alcalinos en conjunción con un nivel de fosfatos lo suficientemente elevada para ejercer una acción amortiguadora a los cambios de pH, el problema puede no ser tan serio (19).

2.7. SUSTRATOS EMPLEADOS EN HIDROPONIA.

La elección del material a emplear como sustrato es de gran importancia en cuanto a sus requerimientos físicos y químicos, ya que pueden influir directa o indirectamente en el crecimiento de las plantas.

2.7.1. CARACTERISTICAS EN GENERAL 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 (Alpi, 1975; 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 valiosa ayuda para calcular respectivamente el volumen del depósito y la frecuencia 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 solubilizarse aún 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, estos son: arena, perlita, vermiculita y aserrín (19).

Otros sustratos diferentes a los anteriores son: grava, turba, pumita y espumas sintéticas (18).

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 pueden hacer variar de acuerdo al tamaño de sus partículas o mezclando el aserrín con viruta.

El aserrín, fué adoptado como medio de cultivo, a causa de su bajo costo, ligereza y disponibilidad. Un aserrín moderadamente fino, o mezclado con una buena proporción de viruta, suele ser el más aducado, a causa de que la humedad se difunde lateralmente mejor con éstos que con el aserrín grueso (18).

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 esta por bacterias que utilizan principalmente el nitrógeno de la solución para su crecimiento y reproducción, fijándolo temporalmente, lo que puede dar lugar a una deficiencia de este elemento en las plantas cultivadas en el aserrín. Por ello se considera conveniente realizar un composteo de este sustrato previo a su uso como medio de cultivo.

HORTIPERL.- Es un material volcánico natural con propiedades semejantes a la arena. Puede utilizarse una vez esterilizada a una temperatura de 1000 °C. Presenta excelentes propiedades de retención de humedad y aireación (19).

Es un mineral 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 80-110 kilogramos por metro cúbico, y en agua destilada casi da un pH neutro (Harris, 1977; citado por Solano, 1985).

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

La criva del molido deberá ser lo más fina 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 buena aireación. Al igual que el aserrín y olote molido, deberá hacerse un compostado como etapa

2.8. TIPOS DE CULTIVOS DESARROLLADOS EN HIDROPONIA.

Se distinguen tres tipos de cultivos hidropónicos, cultivos en soluciones nutritivas (medio exclusivamente líquido), los que están en sustratos sólidos inertes y porosos, embebidos de una solución nutritiva y la aeroponía (1, 19).

Desde el punto de vista comercial los diferentes tipos son practicables, no se puede decir cual sea el mejor, puesto que cada uno presenta ventajas y desventajas, pero normalmente la selección de alguno en particular estará gobernada por las condiciones climáticas, disponibilidad de los aparatos y limitaciones económicas.

- CULTIVO EN AGUA.

El cultivo en agua en un sentido estricto, implica el crecimiento de vegetales teniendo las raíces sumergidas en una solución acuosa nutritiva constantemente. Para utilizar este método, se requiere de tanques o recipientes que pueden ser de cualquier tamaño, en la parte superior se coloca una tela metálica que servirá para soporte de las plantas (Gericke, 1945; citado por Solano, 1985).

- CULTIVOS EN SUSTRATOS SÓLIDOS INERTES.

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

Siendo importante mencionar que para cada uno de los sistemas mencionados, es posible utilizar cualquier tipo de sustrato.

2.9. SISTEMAS DE RIEGO UTILIZADOS EN HIDROPONIA.

La distribución de la solución en los cultivos hidropónicos, puede hacerse de distintos modos: 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 y 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, su estado biológico, temperatura, etc. 1).

El suministro de la solución de nutrientes a las plantas podrá hacerse, bien directamente desde un depósito de almacenamiento de solución-dilución, o bien con un sistema de dosificación. El sistema de solución-dilución necesita un depósito de almacenamiento, una bomba (como fuente de presión) y un sistema de distribución (18).

IRRIGACIÓN 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 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 (19).

RIEGO POR GOTEO.

Aquí se adopta un sistema automático que haga gotear la solución nutritiva. Usualmente la solución no se recircula. La dosis de aplicación varía con el tipo y tamaño de la planta, con las condiciones climáticas y con el tipo de

agregado que se utilice; generalmente oscila entre medio y dos litros de solución por metro cuadrado por día y hasta cuatro litros diarios en localidades con alta temperatura e insolación (19).

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 nutrientes a las plantas. Es preciso un cálculo adecuado de válvulas y tuberías para que el flujo de solución sea el indicado (18).

SUBIRRIGACIÓN.

Este método fué diseñado originalmente para cultivo en grava; posteriormente se modificó el método para aplicarse en todos los agregados (19).

IRRIGACION POR CAPILARIDAD.

Este método se utiliza generalmente para instalaciones caseras. Para conducir la solución al agregado se usa una mecha para lámpara de alcohol o petróleo, misma que se puede

... de tela con propiedades

capilares. El recipiente que contiene la solución puede ser cualquier material impermeable (19).

2.10. CARACTERISTICAS DE LA ESPECIE UTILIZADA.

IMPORTANCIA.

En México el tomate está considerado como la segunda especie hortícola más importante por la superficie sembrada que ocupa, y como la primera por su valor de producción. A esta hortaliza se le encuentra en los mercados durante todo el año, y se consume tanto fresca como procesada, siendo una fuente rica en vitaminas. Ocupa un lugar preponderante con relación al desarrollo económico y social de la agricultura a nivel mundial (26).

ORIGEN E HISTORIA.

El tomate es una planta nativa de América tropical, cuyo origen se localiza en la región de los Andes (Chile, Colombia, Ecuador, Bolivia y Perú) (Vavilov, 1951; citado por Valadez, 1996) y donde se encuentra la mayor variabilidad genética y abundancia de tipos silvestres (Chávez, 1980;

CARACTERISTICAS BOTANICAS Y TAXONOMICAS.

Es una planta anual en su cultivo y puede ser semiperenne en regiones tropicales. Su sistema de raíces es fibroso y robusto. Los tallos son cilíndricos en plantas jóvenes y angulosos en plantas maduras; alcanza alturas de 0.40 a 2.0 m, presentando un crecimiento simpódico.

Sus flores se dan en racimos y de color amarillo brillante. El cáliz y la corola están compuestos de cinco sépalos y cinco pétalos, respectivamente. El fruto es una baya compuesta por varios lóculos (26).

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.

Reino Vegetal
División Tracheophyta
Subdivisión Pteropsidae
Clase Angiospermae
Subclase Personatae
Familia Solanaceae
Género Lycopersicon
Especie L. esculentum Mill.
Variedad Flora dade

REQUERIMIENTOS DE CLIMA.

Es una hortaliza de clima cálido que no tolera heladas. El rango de temperatura del suelo debe ser de 12º a 16ºC (mínima 10ºC y máxima de 30 ºC) y la temperatura ambiente para su desarrollo de 21º a 24ºC (26).

CARACTERISTICAS DE LA VARIEDAD MANEJADA.

VAR. FLORA DADE. Su hábito de crecimiento es determinado. Produce frutos redondos, lisos y muy firmes, de color rojo intenso y uniforme, con peso medio de 110 gramos. No requiere de tutoraje en condiciones normales 20).

COSECHA Y RENDIMIENTO. En condiciones normales, el primer corte se realiza a los 105 días si es sembrado directamente y de los 75 a 80 días después del trasplante. Con esta variedad pueden alcanzarse rendimientos de 40 a 60 toneladas por hectárea (20).

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA 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°2'00" de latitud Norte y 101°01'00" de longitud Oeste, con una altitud de 1743 msnm.

3.2. SUPERFICIE EXPERIMENTAL.

Se trabajó en un lote de 10 X 7 metros. Esto tomando en cuenta las distancias entre hileras de columnas (1 m) y los espacios marginales.

3.3. CLIMA.

De acuerdo con la Clasificación Climática de Koppen, 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 de 490 mm. anuales.

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL.

Se trabajó con un diseño de Bloques Completamente al Azar con cuatro tratamientos y cinco repeticiones (cuadro 1).

3.5. CONSTRUCCIÓN DE LOS MÓDULOS Y LLENADO.

Se comenzó por instalar la estructura metálica superior, la cual nos permite afianzar los módulos y además facilita el establecimiento del sistema de riego.

COMPONENTES DEL MÓDULO.

La construcción de los módulos, consistió básicamente de:

- Un tubo de polietileno negro de 1.70 m. de longitud y 0.25 m. de diámetro.
- Un círculo de madera de 25 centímetros de diámetro (la base del cilindro), el 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).

3.6. INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO.

El sistema de distribución de nutrientes, consistió de:

- Dos toneles de 200 litros de capacidad cada uno, interconectados entre ellos.
- La bomba como fuente de presión.
- Tubería que va de la bomba a la manguera de transporte.
- Un filtro.
- Manómetro.
- Las líneas primarias y secundarias (manguera de transporte y mangueras de distribución).
- Reguillas de goteo (goteros).

Cuadro 1. DIAGRAMA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL.

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

* La primera posición, indica el número de sustrato.

+ La segunda posición, indica el número de repetición.

*1. Aserrín

*2. Hortiperl

*3. Olote

*4. Paja

Las irregularidades en las líneas 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 ~~cierras~~ ~~móviles~~ provisionales, esto es, se doblaron las mangueras en cada extremo para así facilitar su lavado periódicamente.

3.7. TRANSPLANTE.

El transplante se llevó a cabo el 16 de mayo de 1996 con plántulas de dos meses de edad. Se establecieron 20 plántulas por módulo a tres bolillo (cinco niveles con cuatro plántulas cada uno) y 30 cm. de separación entre niveles.

Para la toma de datos posteriores, se llamó el nivel superior como número uno, y el nivel inferior como número cinco.

3.8. FERTILIZACIÓN.

Toda planta constituye por sí misma un laboratorio químico-biológico. Al estado natural sus raíces obtienen de la tierra, mediante un proceso de ósmosis, agua y sustancias alimenticias. Las raíces segregan ácidos que ayudan a la disolución de los minerales aptos existentes en la tierra. 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 las varias docenas de elementos simples atómicos que existentes en la naturaleza, integrantes de las moléculas minerales, las plantas utilizan algunos pocos. En efecto, 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 cultivos hidropónicos se utiliza un gran número de fórmulas para cultivos específicos. En este caso, se utilizó la fórmula del Dr. Gericke (cuadro 2). Esta fórmula incluye los catorce elementos mencionados:

CUADRO 2. PRODUCTOS PARA PREPARAR LA FÓRMULA 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	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	62.8
Sulfato Ferroso	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	6.3
Sulfato de Manganeso	$MnSO_4 \cdot 4H_2O$	0.93
Sulfato de Zinc	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	0.39
Ácido Bórico	H_3BO_3	0.8
Sulfato Cúprico	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	0.3
Ácido Sulfúrico	H_2SO_4	20 CC

Para substituir a 62.8 gramos de Fosfato de Calcio $CaH(PO_4)_2$, se utilizaron 65 gramos de Acido Fosfórico (H_3PO_4) más 30 gramos de Carbonato de Calcio ($CaCO_3$).

La solución madre se preparó disolviendo la fórmula del Dr. Gericke en cinco litros de agua. Cada litro de ésta solución es para cien litros de agua para riego. En total se prepararon siete soluciones madre para fertilizar a las

CALCULOS PARA HACER UNA SOLUCIÓN NUTRITIVA.

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

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

$$\begin{array}{rcl} \text{KNO}_3 : & \text{K} = & 39 \text{ (peso atómico).} \\ & \text{N} = & 14 \\ & \text{O} = 16 \times 3 = & 48 \end{array}$$

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 determina que porcentaje del elemento a calcular existe en relación al peso molecular del fertilizante.

$$\begin{array}{c} \text{PESO ATOMICO} \\ \% E = \text{-----} \times 100 \\ \text{PESO MOLECULAR} \end{array}$$

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

$$\% K = 38.6$$

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. 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.

La relación N:K es de 1:2.8 entonces:

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

Es decir, que 155 gr. de KNO_3 disueltos en 200 lt. de agua, proporcionan 300 ppm. de K y 107 ppm. de N (19).

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 dió un riego cada 5 ó 6 días en el primer mes y parte del segundo mes, los riegos posteriores fueron diario, aplicando dos litros por módulo, siendo riegos de 2 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 (gráfica 1). La capacidad de retención de agua de los diferentes sustratos se calculó en base a volumen de un litro.

El agua utilizada (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 cuatro variantes principalmente:

PLANTAS ESTABLECIDAS.

Esta variante se tomó a los 24 días después del transplante (09 de junio). Se basó básicamente en 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 (gráfica 1).

LONGITUD DE PLANTAS.

Esta variante se tomó a los 95 días después del transplante (19 de agosto). Cabe mencionar que una gran diferencia en el tamaño de las plantas entre los sustratos, se detectó a los 24 días.

Se registró la toma de este dato para cada sustrato por separado, considerando las cinco repeticiones por sustrato y

FLORACIÓN.

En 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 en floración por sustrato, es decir, al menos una por repetición.

RENDIMIENTO.

Cabe mencionar que la producción se dió solamente en los primeros niveles de cada módulo, por lo que no se consideró pertinente registrarlo.

3.11. CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES.

Resulta indispensable esterilizar el medio, principalmente cuando las cosechas se cultivan durante periodos 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 la mosquita blanca (*Vemissia tabaci*) con dos incidencias fuertes, se logró bajar esta insidencia con aplicaciones de Metaminofox a razón de 2 ml./litro de agua.

Otro problema que se presentó fué *Pseudomona solanacearum*, esto fué ya en la ultima etapa del culivo; esta bacteria se controló con dos aplicaciones de Agrimicín 500 a razón de 4 gr/litro de agua.

3.12. ETAPA DE CORRECCION DE DEFICIENCIAS.

Una vez que se vió que algunos sustratos no funcioaron adecuadamente fué necesario buscar alternativas para hacerlos funcionar. Por un lado se vió la posibilidad de hacer aplicaciones foliares, pero con ésto solo se pueden aplicar de 2 a 3 cc. por planta. Se consideró mejor opción hacer aplicaciones directas a la raiz, ya que con ésto se pueden aplicar hasta 100 cc. por planta.

Las deficiencias se presentaron principalmente en aserrín y paja.

*Corrección de Fe en paja.

Una vez que se detectó la sintomatología típica de deficiencia de Fe en las plantas establecidas en el sustrato de paja, se utilizó el quelato (sequestrene 138 Fe) y aplicándolo a razón de 100 cc/planta. Para esto se preparó una solución al 0.5%, esto es 5 gramos de sequestrene 138 Fe por litro de agua.

El Sequestrene 138 Fe, contiene hierro en una forma muy fácil de ser asimilada por las plantas y muy apropiada para prevenir ó corregir amarillamientos (clorosis) de origen férrico.

*Corrección de P en aserrín.

Se utilizó el Raizal 400 de fórmula 9-45-11. La aplicación fué igual que para la corrección de Fe.

3.13. TUTORAJE.

Esta actividad se realizó cuando las plantas alcanzaron una altura tal que no era posible sostenerse por si solas. Se sujetó con hilo a las plantas de la estructura metálica del lote experimental para evitar que se doblaran y se dañaran en

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL RIEGO.

RETENCIÓN DE AGUA POR LOS SUSTRATOS.

Se determinó la capacidad de retención de agua por los sustratos en base a volumen y en base a 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	330.5	796
Paja	146	396

La cantidad de agua en base a volumen, se determinó por la fórmula:

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

Donde: Pw = Contenido de agua (%).
 PSH = Peso del sustrato húmedo (cc).
 PSS = Peso del sustrato seco (cc).

La cantidad de agua en base a peso, se determinó por la fórmula:

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

ASERRIN.

$$\% \text{ agua B. V.} = \frac{1111 - 251}{1000cc} \times 100 = \frac{860}{1000} \times 100 = 86 \%$$

$$\% \text{ agua B. P.} = \frac{1111 - 251}{251} \times 100 = \frac{860}{251} \times 100 = 247 \%$$

HORITPERL.

$$\% \text{ agua B.V.} = \frac{513 - 238}{1000\text{cc}} \times 100 = \frac{275}{1000} \times 100 = 27.5 \%$$

$$\% \text{ agua B.P.} = \frac{513 - 238}{238} \times 100 = \frac{275}{238} \times 100 = 82 \%$$

OLOTE.

$$\% \text{ agua B.V.} = \frac{796 - 330.5}{1000\text{cc}} \times 100 = \frac{466}{1000} \times 100 = 46.6 \%$$

$$\% \text{ agua B.P.} = \frac{796 - 330.5}{466} \times 100 = \frac{466}{466} \times 100 = 109 \%$$

PAJA.

$$\% \text{ agua B.V.} = \frac{396 - 146}{1000\text{cc}} \times 100 = \frac{250}{1000} \times 100 = 25 \%$$

$$\% \text{ agua B.P.} = \frac{396 - 146}{146} \times 100 = \frac{250}{146} \times 100 = 103 \%$$

DETERMINACIÓN DEL USO CONSUNTIVO DEL CULTIVO.

Para conocer el uso consuntivo del cultivo, se empleó el método de Blaney y Criddle (12).

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

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

Meses	UC (cm)	Requerimientos de Riego	
		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
Total	53.300	38.13	

En el cuadro 4, se puede apreciar que los requerimientos de riego total fué de 38.13 cm., mientras que el uso consuntivo fué de 53.30 cm.

PLANTAS ESTABLECIDAS.

Esta variable se trabajó con las plantas que quedaron vivas hasta el final del experimento.

Cuadro 5. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DE RESPUESTA PLANTAS ESTABLECIDAS (DATOS TRANSFORMADOS X).

FV	GL	SC	CM	F	P>F
SUSTRATOS	3	6.73	2.24	12.71	0.00 **
NIVELES	4	0.66	0.16	0.94	0.55
INTERACCIÓN	12	2.36	0.19	1.11	0.36
ERROR	80	14.12	0.17		
TOTAL	99	23.88			

Al hacer el ANVA para la variable de respuesta plantas establecidas, se encontró alta significancia entre sustratos ($p < 0.01$), como se aprecia en el cuadro 5.

También se aprecia en dicho ANVA que no hubo significancia entre los niveles del factor alturas ni en la interacción sustrato-altura.

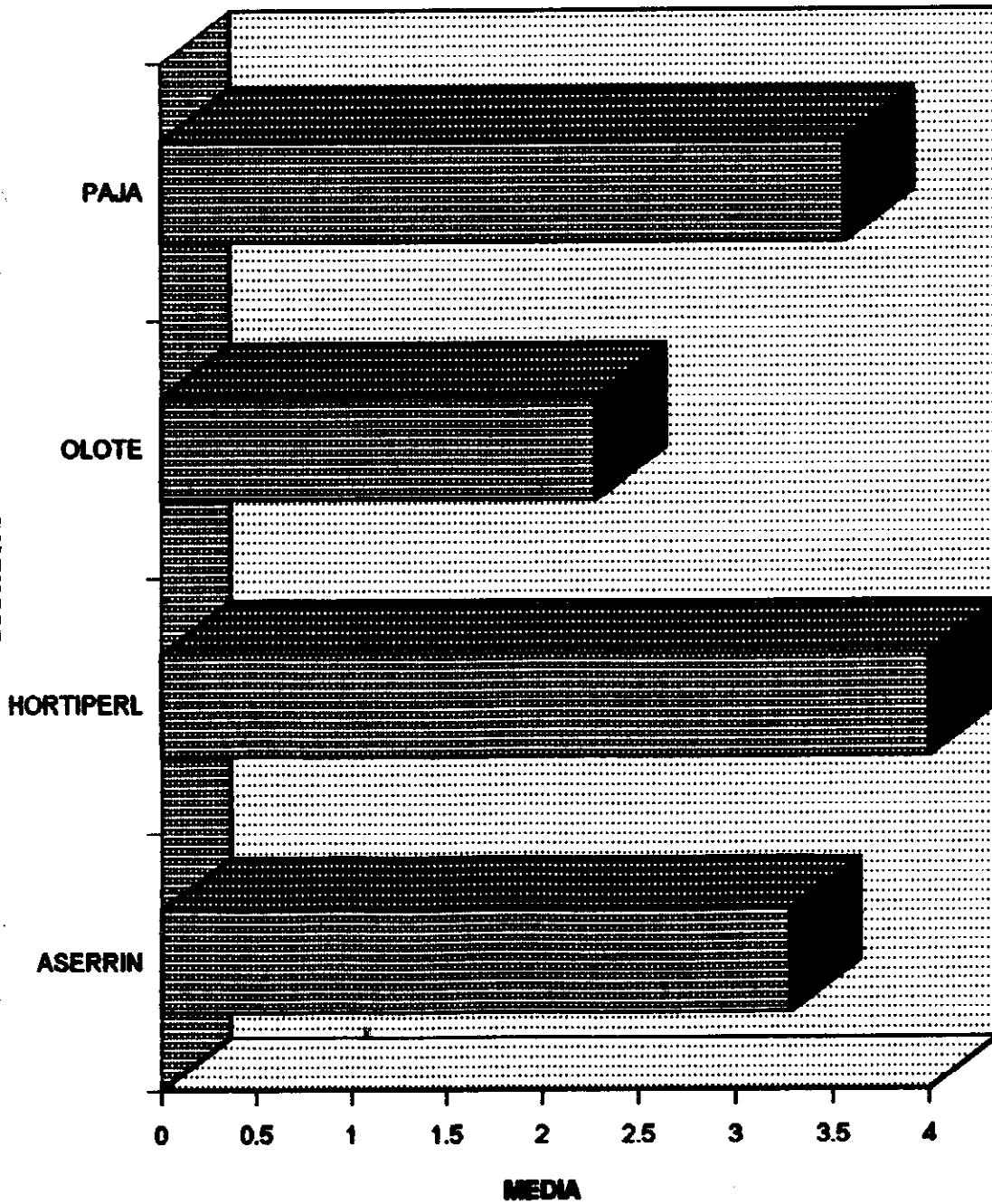
Cuadro 6. MEDIAS DEL FACTOR SUSTRATOS.

SUSTRATO	MEDIA
1	3.28
2	4.00
3	2.28
4	3.56

Al realizar la prueba de comparación múltiple de medias por el método de Tukey se encontró que los mejores sustratos son el 2, 4 y 1 y todos superiores al 3 como se aprecia en el cuadro 6.

Gráfico1

Gráfica 1. COMPARACIÓN DE LOS SUSTRATOS (Plantas Establecidas)



LONGITUD DE PLANTAS.

Esta variable se tomó prácticamente ya en las etapas finales del cultivo (19 de agosto).

Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable de respuesta longitud de plantas (datos transformados $\ln X+3$).

FV	GL	SC	CM	F	P>F
SUSTRATOS	3	28.15	9.38	46.71	0.00**
NIVELES	4	2.24	0.56	2.79	0.03*
INTERACCIÓN	12	4.48	0.37	1.86	0.05
ERROR	80	16.07	0.20		
TOTAL	99	50.95			

Al hacer el ANVA para la variable de respuesta longitud de plantas, se encontró alta significancia entre sustratos ($P < 0.01$), como se aprecia en la cuadro 7.

También se aprecia en dicho ANVA que hubo significancia entre los niveles del factor alturas de unteracción sustrato-altura.

Cuadro 8. CUADRO DE MEDIAS DEL FACTOR SUSTRATOS.

SUSTRATO	MEDIA
1	10.73
2	30.58
3	4.91
4	13.68

Al realizar la prueba de comparación múltiple de medias por el método de Tukey se encontró que el mejor sustrato fué el 2, después el 4 y 1, por último el 3 con un 99 % de confianza, como se aprecia en el cuadro 8.

Cuadro 9. COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE MEDIAS POR EL MÉTODO DE TUKEY PARA LOS NIVELES DEL FACTOR ALTURA EN LA VARIABLE DE RESPUESTA LONGITUD DE PLANTA.

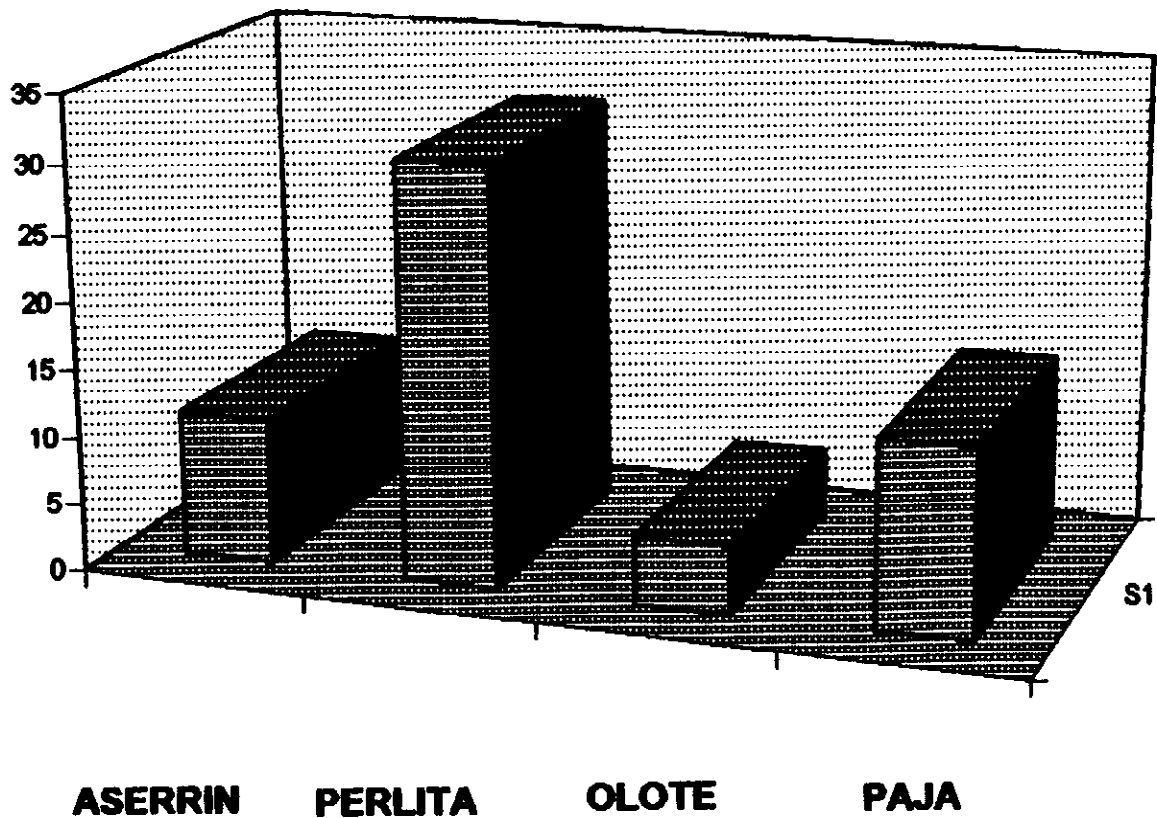
NIVELES	MEDIA
1	2.88
3	2.67
2	2.64
4	2.64
5	2.41

Las alturas 1, 3, 2, y 4, son éstas iguales y superiores a la altura 5 con un 95 % de confianza, como se aprecia en el cuadro 9.

FLORACIÓN.

La floración se dió en el orden como sigue: en primer lugar floreó el Hortiperl, enseguida la Paja y a lo último el Aserrín y el Olote.

Grafica 2. Longitud de plantas por sustratos.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

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

- Los mejores sustratos fueron el Hotiperl, paja de trigo molida y aserrín.
- Es necesario esterilizar los materiales para prevenir incidencias de patógenos.
- Es necesario un previo compostamiento de los sustratos con la finalidad de evitar las altas T₉ como consecuencia de la acción microbiana.
- El molido de olote se debe hacer más fino, para evitar problemas de plantas muertas. Por lo contrario hay estructuras filosas, no hay suficiente compactación del sustrato.
- Reducir la altura de los módulos, para lograr que los nutrientes llegen hasta el quinto nivel.
- Aumentar el fertilizante de la fórmula en un 20 %. Es necesario hacer un esfuerzo por valancear los nutrientes.
- Transplantar a tiempo, para lograr los mejores resultados.

Bibliografía.

1. Almanza, G. J. R. 1984. Producción intensiva de forraje por medio de sistemas hidropónicos en cámara de crecimiento. Memoria. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 85 p.
2. Bentley, M. 1973. Hydroponics plus. The Bentley System. 1ª Edición. Editorial O' Connors Printers. Sioux Falls, South Dakota. 232 p.
3. Bolivar, D. M. 1987. Salinidad, mejoradores de suelo y elementos nutritivos en en el desarrollo del Guayule. Tesis. Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 178 p.
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 sistema 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. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

7. Crofts, C. F.; Jackson, L. D. 1971. Los vegetales y sus cosechas. Fundamentos de agricultura moderna. 1ª Edición. Editorial AEDOS. Barcelona, España. 245 p.

8. Durany, U. C. 1973. Hidroponia, Cultivo de plantas sin tierra. Editorial Sintet, S. A., España.

9. Ellis, C., M. W. Swaney. 1958. Soilless growth of plants. Fifth printing, Reinhold Publishing corporation, U.S.A.

10. Flores, S. F. 1989. Efecto de diferentes niveles de manganeso en plántulas de nogal pecanero (Carya illinoensis Koch) en hidroponia y su relación con el síntoma Oreja de Ratón. Tesis. Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 89 p.
11. García, P. I. 1988. Evaluación de cinco cultivos forrajeros con la técnica hidropónica y la aplicación de Biozyne bajo condiciones de invernadero. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 160 p.
12. Gómez, P. P. 1975. Riegos a presión, aspersion y goteo. Primera edición. Editorial AEDOS. España. 245 p.
13. Harris, D. 1977. Hydroponics: The Gardening Without Soil. 5ª Edición. Editorial Purnell and Sons (S.A.). South Africa. 207 p.
14. Huterwal, G. O. 1983. Hidroponia. Cultivo de plantas sin tierra. Editorial ALBATROS. Buenos Aires, Argentina. 251 p.

15. Loes, P. 1983. Ganadería hidropónica. Agricultura de las Américas. Año 32. Nº 10. Kansas City, U.S.A.
16. López, A. J. C. 1976. Estudios básicos sobre el cultivo hidropónico de la avena (Avena sativa L.). Tesis. Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
17. Penningsfeld, F., P. Kurzmann. 1975. Cultivos hidropónicos y en turba. Ediciones Mundi-Prensa, España.
18. Resh, H. M. 1987. Cultivos Hidropónicos. Segunda edición. Ediciones Mundi Prensa. España. 318 p.
19. Sánchez, Del C. F. y E. R. Escalante, R. 1988. hidroponia. Principios y métodos de cultivo. Universidad Autónoma Chapingo. Tercera edición. México. 194 p.
20. SARH, INIFAP, CIFAPEM. 1988. Guía para la asistencia técnica agrícola, área de influencia del Campo Experimental Zacatepec, Morelos, México. 195 p.

21. SEP. 1982. Las Chinampas, una técnica agrícola muy productiva. Editorial Arbol. México, D. F.
22. SEP; DGETA; FAO., y PNUD. 1988. Tomates. Manuales para educación agropecuaria. 7ª Reimpresión. Editorial Trillas. México. 54 p.
23. Serrano, C. Z. 1978. Tomate, Pimiento y Berengena en invernadero. Madrid, España. 248 p.
24. Solano, M. C. M. 1985. Sistemas de producción en hidroponía. Monografía. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 123 p.
25. Toovey, W. F., y otros. 1982. Producción comercial de tomates. Editorial ACRIBIA. Zaragoza, España. 184 p.
26. Valadez, L. A. 1996. Producción de Hortalizas. Quinta reimpresión. Editorial LIMUSA, S. A. México. 298 p.

27. Wager, A. V. 1976. All about tomatoes. Third Edition.
PURNELL and Sons (S.A.). South Africa. 98 p.
28. Watts, R. L., y Searle, W. G. 1954. The vegetable growing
Business. Orange Judd Publishing Company, Inc. New
York, E.U. 542p.
29. W. W. George., y McCollum, P.J. 1968. Producing vegetable
crops. The Interstate Printers and Publishers, Inc.
Danville, Illinois, U.S.A. 558 p.

APÉNDICE.

TABLA DE DATOS

VARIABLE: Plantas establecidas

A	B	REPETICIONES				
		1	2	3	4	5
1	1	1.73	2.00	2.00	1.73	2.00
1	2	1.41	1.73	1.73	1.73	2.00
1	3	2.00	2.00	1.73	1.73	2.00
1	4	2.00	1.73	2.00	1.73	1.00
1	5	2.00	2.00	1.73	1.00	2.00
2	1	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
2	2	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
2	3	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
2	4	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
2	5	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
3	1	1.73	2.00	2.00	1.41	2.00
3	2	1.00	2.00	0.00	0.00	2.00
3	3	1.00	2.00	0.00	2.00	2.00
3	4	1.41	1.41	1.00	1.73	1.41
3	5	0.00	2.00	1.00	1.73	0.00
4	1	1.73	2.00	1.73	1.00	2.00
4	2	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
4	3	2.00	2.00	2.00	1.73	2.00
4	4	2.00	2.00	1.73	2.00	1.73
4	5	2.00	2.00	1.73	1.41	2.00

TABLA DE DATOS.

VARIABLE: Longitud de plantas.

A	B	REPETICIONES				
		1	2	3	4	5
1	1	2.14	2.69	3.10	2.17	2.77
1	2	2.37	2.42	2.74	1.98	2.25
1	3	2.80	3.37	2.67	1.87	2.56
1	4	2.37	1.94	2.64	3.97	1.50
1	5	2.37	2.60	2.58	3.13	2.08
2	1	3.96	3.90	4.13	4.15	4.08
2	2	3.29	3.45	3.56	3.75	3.83
2	3	3.35	3.46	3.51	3.28	3.48
2	4	3.49	3.02	3.39	3.35	3.25
2	5	2.52	2.89	2.56	2.79	2.88
3	1	2.28	2.46	2.62	1.75	2.75
3	2	1.87	2.17	1.10	1.10	2.76
3	3	1.39	2.44	1.10	2.22	2.35
3	4	2.14	2.50	1.50	1.88	1.83
3	5	1.10	2.30	1.45	2.05	1.10
4	1	2.97	2.40	1.94	2.14	3.21
4	2	3.11	2.54	2.22	3.75	2.60
4	3	2.71	2.79	2.83	2.44	2.80
4	4	2.62	2.56	2.58	3.22	3.20
4	5	2.74	2.82	2.46	2.67	3.07