

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS**

**ANÁLISIS DEL USO DE SUSTRATOS Y SOLUCIONES  
NUTRITIVAS, BAJO INVERNADERO, EN EL CULTIVO  
DE PEPINO (Cucumis sativus L.)**

**DOCUMENTO DE GRADUACIÓN**

**PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
AGRONOMÍA DE UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**POR  
JOSÉ DANILO CAMPOS OLIVA**

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERO AGRÓNOMO  
EN  
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA  
EN EL GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIADO**

**GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2002**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA****RECTOR****Dr. Luis Alfonso Leal Monterroso****JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA**

<b>DECANO</b>	<b>Ing. Agr.</b>	<b>Edgar Oswaldo Franco Rivera</b>
<b>VOCAL PRIMERO</b>	<b>Ing. Agr.</b>	<b>Walter Estuardo García Tello</b>
<b>VOCAL SEGUNDO</b>	<b>Ing. Agr.</b>	<b>Manuel de Jesús Martínez Ovalle</b>
<b>VOCAL TERCERO</b>	<b>Ing. Agr.</b>	<b>Erberto Raúl Alfaro Ortiz</b>
<b>VOCAL CUARTO</b>	<b>Br.</b>	<b>Wener Armando Ochoa Orozco</b>
<b>VOCAL QUINTO</b>	<b>Br.</b>	<b>Juan Manuel Corea Ochoa</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>Ing. Agr.</b>	<b>Edil René Rodríguez Quezada</b>

Guatemala , 14 de noviembre de 2002

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señores miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra Consideración, el trabajo de tesis titulado:

**ANÁLISIS DEL USO DE SUSTRATOS Y SOLUCIONES  
NUTRITIVAS, BAJO INVERNADERO, EN EL CULTIVO  
DE PEPINO (Cucumis sativus L.)**

Como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el presente trabajo de investigación llene los requisitos necesarios para su aprobación, me suscribo,

Atentamente,

José Danilo Campos Oliva

## ÍNDICE GENERAL

No.		PAGINA
	ÍNDICE DE CUADROS	ii
	ÍNDICE DE FIGURAS	ii
	RESUMEN	iii
1	INTRODUCCIÓN	1
2	JUSTIFICACIÓN	3
3	MARCO TEÓRICO	4
3.1	MARCO CONCEPTUAL	4
3.1.1	HISTORIA DE LA HIDROPONÍA	4
3.1.2	DEFINICIÓN DE HIDROPONÍA	5
3.1.3	VENTAJAS DE LA HIDROPONÍA	5
3.1.4	COMPONENTES DEL SISTEMA	9
3.1.4.1	SUSTRATOS	9
3.1.4.2	LA SOLUCIÓN NUTRITIVA	9
3.1.5	FACTORES IMPORTANTES EN EL SISTEMA HIDROPÓNICO	12
	CARACTERÍSTICAS QUE DEBEN TENER LOS BUENOS	
3.1.5.1	SUSTRATOS	12
3.1.5.2	MÉTODOS DE CULTIVO EN HIDROPONÍA	13
3.1.5.3	NUTRIENTES REQUERIDOS POR LAS PLANTAS	17
3.1.5.4	CONTROL TÉCNICO DE LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS	19
3.1.5.5	MANEJO DE LOS CULTIVOS HIDROPÓNICOS	20
3.2	MARCO REFERENCIAL	24
3.2.1	FINCA LAS DELICIAS	24
3.2.2	ECOLOGÍA	24
4	OBJETIVOS	25
5	METODOLOGÍA	26
5.1	MATERIALES	26
5.1.1	Hibrido de pepino Tropi.Cuke II	26
5.1.2	Sustratos	26
5.1.3	Soluciones Hidropónicas	26
5.1.3.1	Solución UNALM	27
5.1.3.2	Solución FINCA	29
5.1.3.3	Solución INCAP	29
5.2	VARIABLES DE RESPUESTA	30
6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
7	CONCLUSIONES	35
8	RECOMENDACIONES	36
9	BIBLIOGRAFÍA	37

## INDICE DE CUADROS

<b>CUADRO</b>	<b>PAGINA</b>
Cuadro 1. Concentración de los iones presentes en las soluciones nutritivas	11
Cuadro 2. Solución nutritiva A	27
Cuadro 3. Solución nutritiva B	27
Cuadro 4. Concentración de los elementos de las soluciones hidropónicas	28
Cuadro 5. Fertilizantes y cantidades a usarse para la formulación de 20 litros De solución nutritiva FINCA	29
Cuadro 6. Concentración de Los elementos que forman la solución FINCA	29
Cuadro 7. Fertilizante y porcentaje de elementos de la solución nutritiva del INCAP	30
Cuadro 8. Datos de medias obtenidas en los sustratos del cultivo de pepino	31
Cuadro 9. Cuadro de medias obtenidas del cultivo del pepino	32

## INDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>	<b>PAGINA</b>
Figura 1. Media de flores totales en cada una de las soluciones	32
Figura 2. Media de flores femeninas en cada una de las soluciones evaluadas	33
Figura 3. Media de flores masculinas en cada una de las soluciones evaluadas	33
Figura 4. Media de altura de plantas en cada una de las soluciones evaluadas	34
Figura 5. Media de frutos totales de las plantas de cada una de las soluciones evaluada solución	34

**ANÁLISIS DEL USO DE SUSTRATOS Y SOLUCIONES  
NUTRITIVAS, BAJO INVERNADERO, EN EL CULTIVO  
DE PEPINO (Cucumis sativus L.)**

**ANALISYS OF SUBTRATUMS USE AND NUTRITIVE SOLUTIONS  
IN HIDROPONIC AT WINTER QUARTERS IN CUCUMBER (Cucumis sativus L.)  
CULTIVATION**

**RESUMEN**

La hidroponía es una técnica que ofrece mayor optimización del espacio que en algunos casos es limitante para producir, además las cosechas son de mejor calidad y no se necesita de mucha maquinaria, lo que reduce los costos de producción. Muchos métodos hidropónicos emplean algún tipo de sustrato, a los cuales se les añade una solución nutritiva que contiene todos los elementos esenciales para el normal crecimiento y desarrollo de la planta.

En el presente estudio se analizan los efectos que producen tres soluciones nutritivas en tres tipos de sustratos, para el cultivo de pepino (Cucumis sativus L.) mediante la técnica de la hidroponía.

Los sustratos utilizados fueron mezclas compuestas de:

- 1) Arena blanca 70%, cascarilla de arroz 30%.
- 2) Arena blanca 70%, aserrín 30%.
- 3) Arena blanca 70%, aserrín 15%, cascarilla de arroz 15%.

Con cada uno de estos tres sustratos se llenaron 12 bolsas de polietileno, para hacer un total de 36 bolsas. Se sembraron 2 semillas de pepino por cada bolsa.

Las tres soluciones nutritivas utilizadas fueron

1. Solución nutritiva de la Universidad Nacional Agraria La Molina, de Perú (UNALM).
2. Solución del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP).
3. Solución de la Finca Las Delicias (FINCA).

La distribución de la aplicación de las soluciones se realizó en cada tratamiento, y se contabilizó un total de 9 tratamientos con 4 repeticiones.

Se utilizó una cantidad de 600 ml de solución nutritiva diariamente, se distribuyó en tres aplicaciones de 200 ml por cada una, para conservar la humedad de la planta y que los nutrientes fueran asimilados de mejor forma. Se aplicaron a las siete de la mañana, al medio

día y a las cuatro de la tarde. Durante todo el ciclo del cultivo, que duró 60 días, las plantas se regaron solamente con agua, una vez a la semana, para evitar la acumulación de sales.

Según los resultados, las 36 plantas sembradas en los distintos sustratos no mostraron diferencias, debido a que la misma solución probada en los tres sustratos evaluados proporcionaron medias similares. Por lo tanto, el factor que influyó en el buen desarrollo de la planta son las soluciones nutritivas aplicadas.

En este mismo orden, se pudo observar que la solución hidropónica del INCAP tuvo mejor comportamiento al compararla con las soluciones UNALM y FINCA. Se logró una producción mayor de flores en total, la mayoría femeninas (el 92% de flores femeninas y el resto de flores masculina), lo que se traduce en una mayor producción de frutos.

Los muestreos de flores se realizaron cada 8 días, después de que aparecieron las primeras, aproximadamente, 15 días después de germinada la planta. La altura de la planta se determinó al finalizar el ciclo del cultivo, presentando las medias siguientes: Solución INCAP 210 cm, UNALM 170 cm y FINCA 178 cm.

## 1. INTRODUCCIÓN

La hidroponía o cultivo sin tierra es una técnica que se fundamenta en sistemas balanceados de control, basados en la utilización de agua y fertilizantes químicos para nutrir las plantas. Incrementar el rendimiento por cosecha, así como mejorar la calidad de los productos y la rentabilidad, es el principal propósito de este sistema que se ha venido implementando, en los últimos años, en Guatemala.

Para los cultivos hidropónicos se emplean materiales inertes para formar sustratos que únicamente sirven de anclaje a las raíces, estos materiales pueden ser arena, aserrín, cascarilla de arroz, lava de roca, grava, turba, vermiculita, perlita y mezcla de dos o más. El suministro de las soluciones nutritivas debe estar diseñado para aportar únicamente las cantidades indispensables para que el cultivo exprese su máximo potencial genético.

En este trabajo se puso en práctica el sistema hidropónico en el cultivo de pepino (Cucumis sativus L.). Con la utilización de materiales de fuentes conocidas se observaron los efectos que producen las diferentes combinaciones de sustratos y soluciones nutritivas, bajo condiciones controladas como la humedad y temperatura, entre otras.

Se utilizaron tres combinaciones de sustratos evaluados en invernadero: arena blanca y aserrín, arena blanca y cascarilla de arroz y una combinación de los tres materiales. Para la nutrición vegetal se emplearon tres soluciones: la del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), de la Universidad Nacional Agraria La Molina de Perú (UNALM) y la de la Finca Las Delicias (FINCA).

La interpretación de los resultados de este trabajo está basada en observaciones cuantitativas a nivel de medias de producción. Las variables de respuesta se tomaron de las 36 plantas cultivadas, las cuales fueron: flores totales, flores femeninas, flores masculinas, altura de las plantas y frutos producidos. Según los resultados, en los sustratos no hubo diferencia alguna ya que al aplicar la misma solución nutritiva en los distintos sustratos no se encontró diferencia entre las medias de cada una de las variables tomadas en el

desarrollo del cultivo. Por otro lado, la solución nutritiva que proporcionó el mejor desarrollo de las plantas fue la del INCAP.

## 2. JUSTIFICACIÓN

El pepino (Cucumis sativus L.) es uno de los principales productos agrícolas de consumo nacional y de exportación para El Salvador y Honduras. La producción de plantas de calidad y de bajo costo es uno de los factores que inciden en la eficiencia de este cultivo, por tal razón, existe la necesidad de generar nuevas tecnologías que favorezcan el éxito de las plantas y, consecuentemente, el éxito en la cosecha.

Una de estas técnicas promisorias para la agricultura en nuestro país es la hidroponía. Esta se fundamenta en los principios de que las plantas se pueden desarrollar perfectamente en sustratos inertes, los cuales sirven de soporte y como vertederos de la solución nutritiva que se aplica en las plantas. Sin embargo, en la actualidad, la hidroponía no se ha difundido en Guatemala, razón por la cual no se cuenta con información que respalde o fundamente su uso comercial.

Con base a lo anterior se realizó este trabajo en el que se evaluaron tres sustratos inertes y tres soluciones nutritivas en la producción de pepino en invernadero.

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 MARCO CONCEPTUAL**

##### **3.1.1 HISTORIA DE LA HIDROPONÍA**

El conocimiento que hasta ahora se tiene de hidroponía es el resultado del trabajo de muchos investigadores, por lo que es necesario, aunque sea superficialmente, dar una visión histórica a su desarrollo.

Jan Van Helmont (1600) creyó haber probado que las plantas obtenían su nutrimento del agua. Woodward (1699) constató en su libro “Some Thoughts and Experiments Conserving Vegetation” que la adición de pequeñas cantidades de suelo a diferentes tipos de agua mejoraba el crecimiento de las plantas.

De Sausure (1804) y Boussingault (1851-1856) mostraron que las plantas contienen bióxido de carbono, oxígeno, hidrógeno y nitrógeno, cultivando en agua, en arena y en carbón. Sacks (1960) y Knops (1861-1865) 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 hierro. Publicaron las primeras fórmulas nutritivas a partir de las cuales se han desarrollado muchas más.

Robins (1928) indicó después de varios trabajos, que había muchas posibilidades de usar el sistema hidropónico de cultivo en arena a escala comercial.

Gericke (1929) fue el primero en desarrollar exitosamente un sistema práctico de cultivo hidropónico; es con este trabajo que surge el término de hidroponía. Gericke y J.R. Travernett (1936) publicaron un trabajo en el que desarrollaron un sistema en donde reportan que en 9.2 metros cuadrados de área cultivada, obtuvieron una tonelada de tomates de buena calidad, al alcanzar las plantas una altura de 7.5 metros en menos de un año.

Withyow y Biebel (1936) perfeccionaron un mecanismo automático de riego por subirrigación. Recientemente la mayoría de los investigadores trabajan principalmente en dos aspectos: primero, buscar sistemas hidropónicos más baratos y fáciles de manejar por la gente no preparada en fisiología vegetal, química y sistemas hidropónicos complejos, y segundo, realizar estudios que abarquen diversos aspectos de nutrición vegetal (7). En la actualidad se considera a la hidroponía como una rama establecida de la Agronomía que está en expansión (9).

### **3.1.2. DEFINICIÓN DE HIDROPONÍA**

El término Hidroponía deriva de los vocablos griegos “Hidro” que significa agua, y “ponos” equivalente a trabajo o actividad. Literalmente se traduce como trabajo del agua o actividad del agua (15).

La hidroponía se define como un sistema de producción en el que las raíces de las plantas se riegan con una mezcla de elementos nutritivos esenciales, disueltos en agua y que en vez de suelo, se utiliza como sustrato un material inerte, o simplemente la misma solución (3).

Existen términos que son utilizados como sinónimos de la hidroponía; cultivos sin suelo, nutricultura, quimiocultura, cultivos artificiales, agricultura sin suelo, entre otros. En la actualidad el término se usa en varios países como hidroponía (4).

### **3.1.3. VENTAJAS DE LA HIDROPONÍA**

La hidroponía presenta gran número de ventajas tanto en lo técnico como en lo económico, con respecto a otros sistemas del mismo género, pero bajo cultivo en suelo; presenta las siguientes ventajas (15).

a) Promueve el balance de aire, agua y nutrientes

Con algunas excepciones, al utilizar un sistema de cultivo en suelos, es sumamente difícil abastecer a las raíces simultáneamente con las cantidades de agua, aire y nutrientes que requieren (15). Cuando el suelo se satura, el agua se encuentra disponible para las raíces en grandes cantidades pero el oxígeno del suelo tiende a ser limitante; a medida que el suelo va perdiendo agua, la cantidad de oxígeno disponible va en aumento. Después de pasar un intervalo en el que las proporciones de agua y oxígeno son adecuadas, el agua tenderá a ser un factor limitante para el desarrollo de las plantas.

En hidroponía es posible mantener tanto el aire como el agua dentro del rango requerido por los cultivos.

Los nutrimentos se proporcionan al cultivo hidropónico junto con el agua, listos para ser asimilados en forma de solución balanceada y con la presión osmótica adecuada. Las inconsistencias en la fertilización y las pérdidas de fertilizantes en el suelo desaparecen con un cultivo hidropónico.

b) Permite una humedad uniforme

Bajo un sistema hidropónico la humedad del sustrato puede ser siempre uniforme y controlada. En el suelo, la falta de humedad o su exceso, constituyen causas frecuentes de pérdidas en el rendimiento o en calidad.

c) Permite un excelente drenaje

Esta característica, sumada a que los materiales usados como sustrato generalmente no se desintegran o parten fácilmente, da como resultado una buena aireación para las raíces.

d) Permite una mayor densidad de población

Ya que los nutrimentos no son limitantes las plantas cultivadas en hidroponía pueden plantarse más cerca (entre un 10% y 30%) que sus similares en el suelo; aquí el factor que viene a limitar la densidad es la luz.

e) Se puede corregir fácil y rápidamente la deficiencia o el exceso de un nutriente

En el suelo, corregir una deficiencia o efecto tóxico de un ion es cosa de meses o años, mientras que bajo el sistema hidropónico, es cosa de unos cuantos días. Esto se logra haciendo un análisis químico de plantas; y luego se corrige la concentración del ión en la solución que se encuentre deficiente o en exceso.

f) Permite control del pH

Uno de los factores que influyen notablemente en la asimilación de nutrimentos y por lo tanto el rendimiento de las plantas es el pH. En un cultivo sobre el suelo el pH puede estar muy desviado del rango adecuado y su corrección en la mayoría de los casos, puede ser difícil y costosa. En hidroponía, al trabajar con sustratos inertes es muy fácil y barato ajustar y mantener el pH a nivel deseado; ya que este se corrige de forma directa en la solución.

g) No se depende tanto de los fenómenos meteorológicos

Normalmente los cultivos en hidroponía se protegen contra los vientos fuertes, las granizadas, las altas y bajas temperaturas, sequías, etc. Esto permite una mayor expresión del potencial genético de las plantas y, desde luego, del rendimiento, por lo que incluso se puede predecir con más seguridad el monto de la cosecha para planear su venta con anticipación. Esto es cierto si se tiene un sistema hidropónico a nivel de invernadero.

h) Permite obtener altos rendimientos por unidad de superficie

Esto resulta evidente si conjugamos las ventajas anteriores.

i) Permite obtener productos de calidad

El eficiente control sobre nutrición, aireación, etc., permite que los productos del sistema hidropónico sean más uniformes en tamaño, peso, color, etc., y de más alta calidad en el comercio, que los productos del cultivo del suelo.

j) Se obtiene mayor precocidad en los cultivos

En cultivos hidropónicos anuales se ha encontrado que, aún al aire libre, estos maduran dependiendo de la especie, de 10 a 60 días antes que sus similares bajo condiciones de suelo.

k) Permite cultivar repetidamente la misma especie de planta

La rotación de cultivos se desarrolla para mantener la fertilidad del suelo y controlar enfermedades que tienen su origen en el mismo. En hidroponía, el mantenimiento constante de la fertilidad es la esencia del sistema y dado que los organismos causales de muchas enfermedades en las plantas necesitan materia orgánica presente en el sustrato, el sistema puede mantenerse relativamente libre de ellas. Por otro lado, cabe recordar que los agregados usados en hidroponía son generalmente fáciles de esterilizar.

l) Se puede producir varias cosechas al año

Esto implica desde luego un clima en el cual el cultivo pueda crecer durante todo el año o bien el uso de invernaderos. La ventaja estriba en la posibilidad de capturar mejores mercados o abastecer a uno durante todo el año.

m) Permite uniformidad en la producción de los cultivos

En hidroponía la situación normal es que las plantas sembradas florecen y maduran a un mismo tiempo; esto tiene importancia desde luego en la programación de la cosecha y la venta del producto.

n) Permite la utilización de espacios pequeños con rendimientos altos

Se requiere menor cantidad de área para trabajar en hidroponía lo que representa una ventaja desde el punto de vista económico y ecológico.

o) Permite gran ahorro en el consumo de agua

En hidroponía, generalmente se circula el agua y se riega por métodos de sub-irrigación en lechos impermeables. De esta manera casi todo el gasto de agua es debido a la

transpiración. Se requiere mucho menos agua para lograr iguales rendimientos. Se considera que se gasta aproximadamente 20 veces menos agua con un sistema hidropónico.

p) Se reducen los costos de producción

Debido a menores gastos de fertilizantes, insecticidas, fungicidas y a que no existan barbechos, o escardas, se ahorra tiempo y dinero. La eficiencia del sistema se logra mantener año con año a bajo costo; ya que se puede reutilizar varias veces el mismo sistema, ya sea en condiciones de invernadero o libre exposición.

q) Posibilidad de una automatización casi completa

En hidroponía, muchas de las labores como riego y luz artificial pueden automatizarse.

r) Proporciona excelentes condiciones para elaboración de semilleros

En la germinación, las condiciones son adecuadas para que germine la semilla en un porcentaje alto, en el trasplante las plantas se colocan en sustratos casi similares y como revitalizador de plantas débiles que crecen en el suelo.

s) Se puede utilizar agua con alto contenido de sales

Esto es posible por ajustarse la solución de acuerdo con las sales presentes en el agua y su reemplazo continuo.

t) Mayor limpieza e higiene

Mediante el cultivo hidropónico se elimina el riesgo de contraer enfermedades infecciosas, que como la disentería tiene su origen en el consumo de vegetales cuyo suelo ha sido enriquecido con aguas negras o excrementos animales; lo cual le permite alcanzar precios más altos en el mercado.

u) Posibilidad de enriquecer los productos alimenticios con sustancias como vitaminas o minerales

Los nutrientes están disueltos en una solución compuesta por elementos que han sido aplicados de una forma adecuada, a esta solución se le puede agregar componentes vitamínicos que de todas maneras no afecta la reacción de los demás elementos disueltos en solución. Esto puede representar una ventaja en la alimentación infantil o de hospitales.

v) Posibilidad de utilizar materiales nativos o de desecho

Es una ventaja de tipo económico realizar la construcción con materiales de desechos y utilizar como sustrato materiales abundantes y baratos en cada localidad en la

que se desee establecer el cultivo hidropónico.

w) Posibilidad de usar mano de obra no calificada

Debido a lo intensivo del cultivo hidropónico y aunque hay labores que se puedan automatizar, para una misma superficie se requiere más gente en el sistema hidropónico que en un sistema de cultivo en el suelo. Esta posibilidad tiene gran importancia económica en países en los que la desocupación representa un problema grave.

x) Se reduce en gran medida la contaminación del medio ambiente y los riesgos de erosión

Al no utilizar compuestos químicos para el control de plagas y enfermedades, se reduce grandemente la contaminación de fuentes de agua, además, como el sustrato es inerte y se encuentra en camas de crecimiento, éste resulta imposible que se erosione. También se puede utilizar varias veces el mismo cultivo sin tener cuidado de que este se erosione por su uso intensivo.

y) Casi no hay gasto en maquinaria agrícola

Ya que no se requiere de tractor, arado u otros implementos semejantes.

z) La recuperación de la inversión se realiza en corto tiempo

Esto se da por que generalmente los cultivos más adaptados a este sistema de producción son de ciclo corto y al utilizar esta técnica se reduce aun más el ciclo de producción, logrando sacar varias cosechas al año; lo que depende sin embargo, del cultivo y del tipo de sistema empleado (9).

### **3.1.4. COMPONENTES DEL SISTEMA**

#### **3.1.4.1. SUSTRATOS**

Son materiales sobre los cuales se desarrollan las raíces de las plantas y le sirven para su sostén, estos pueden ser sólidos o líquidos (9).

Los sustratos donde se desarrollan las raíces se pueden utilizar solos, pero es mejor mezclarlos para aprovechar las ventajas y disminuir las desventajas que tienen individualmente, ya que han sido probados en más de 30 especies de plantas (3).

#### **3.1.4.2. LA SOLUCIÓN NUTRITIVA**

Es el conjunto de elementos nutritivos requeridos por las plantas, disueltos en agua

(20).

Se ha probado que para el crecimiento y desarrollo de las plantas son necesarios los elementos como: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre, magnesio, hierro, manganeso, boro, cobre, zinc, molibdeno, cloro y níquel. Bajo un sistema de cultivo hidropónico, con excepción del carbono, oxígeno e hidrógeno, todos los elementos esenciales son suministrados por medio de una solución nutritiva y en forma asimilable por las raíces de las plantas, por lo tanto se considera un prerrequisito la solubilidad de los iones esenciales en el agua. El nitrógeno, el potasio, el fósforo, el calcio, el azufre y el magnesio, denominados como macro nutrientes, se añaden al agua usando, casi siempre como fuente fertilizantes comerciales. Los otros elementos llamados micro elementos van a menudo incluidos como impurezas en el agua y en los fertilizantes que proporcionan los macro elementos, y a excepción del hierro (que debe añadirse regularmente a la solución) solo se añaden cuando existe necesidad (12).

No existe una solución teórica ideal para un cultivo en particular ya que la concentración óptica de elementos nutritivos para una especie vegetal en particular, depende de la parte de la planta que se va a cosechar, la estación del año, el clima, la calidad del agua, y el estado de desarrollo de la planta (15).

La cantidad de sales disueltas en la solución nutritiva, para lograr un crecimiento vegetal satisfactorio, necesita una presión osmótica del orden de 0.5 a 2.0 atmósferas (3).

El pH de la solución deberá ajustarse de acuerdo a las necesidades de la especie, la mayoría de las plantas se desarrollan con un pH de 5.0 a 6.5. Para elaborar la solución nutritiva, debe tomarse muy en cuenta la cantidad y el tipo de iones que el agua tiene ya disueltos de acuerdo a su origen, que deben descartarse de los fertilizantes que se están usando como fuente estos elementos (10).

Las fuentes más comunes y baratas de los elementos esenciales son los fertilizantes comerciales. Por su elevado precio, los reactivos analíticos no se recomiendan en hidroponía y se usan más para investigaciones de nutrición vegetal (4).

En el cuadro 1 se presentan las concentraciones de los iones presentes en las soluciones nutritivas mostrando el mínimo, el óptimo y el máximo presentes en una solución nutritiva.

**Cuadro 1.** Concentración de los iones presentes en las soluciones nutritivas

Elemento Radical	Mínimo (ppm)	Optimo (ppm)	Máximo(ppm)
Nitrato (NO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>	200	300-900	1,000
Amonio (NH <sub>4</sub> ) <sup>+</sup>	--	0 - 40	100
Fósforo (PO <sup>-2</sup> )	30	30 - 90	100
Potasio (K) <sup>+</sup>	150	200-400	600
Calcio (Ca) <sup>+2</sup>	100	150-400	600
Magnesio (Mg) <sup>+2</sup>	25	25 - 75	150
Sulfato (SO <sub>4</sub> ) <sup>-2</sup>	150	200-1,000	1,000
Cloro (Cl) <sup>-</sup>	30	-- - 350	600
Sodio (Na) <sup>+</sup>	---	---	400
Hierro (Fe) <sup>+2</sup>		0.5 - 2	
Acido Bórico (H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> )		0.2 - 1	5
Zinc (Zn) <sup>+2</sup>		0.2 - 2	20
Cobre (Cu) <sup>+2</sup>		0.1 - 2	5
Manganeso (Mn) <sup>+2</sup>		1 - 5	15
Cobalto (Co) <sup>+2</sup>			
Flúor (F) <sup>-</sup>			
Molibdeno (Mo) <sup>+1</sup>			

FUENTE: Instituto de Nutrición de Centro America y Panama , Manual técnico de hidroponía popular (9).

### 3.1.5. FACTORES IMPORTANTES EN EL SISTEMA HIDROPÓNICO

#### 3.1.5.1. CARACTERÍSTICAS QUE DEBEN TENER LOS BUENOS SUSTRATOS

- A. Que las partículas que lo componen tengan un tamaño no inferior de 0.2mm y no superior a 7mm.
- B. Que retengan una buena cantidad de humedad, pero que además faciliten la salida de los excesos de agua por riego o caída de la lluvia.

- C. Que no retengan mucha humedad en su superficie.
- D. Que no se descompongan o degraden con facilidad.
- E. Preferiblemente que tengan coloraciones oscuras.
- F. Que no contengan elementos nutritivos.
- G. Que no contengan microorganismos perjudiciales a la salud de los seres humanos o de las plantas.
- H. Que no estén contaminados con residuos industriales o humanos.
- I. Que sean abundantes y fáciles de conseguir, transportar y manejar.
- J. Que sean de bajo costo.

Los materiales que han sido probados y que cumplen la mayoría de estos requisitos son los siguientes:

- A. Cascarilla de arroz.

Es necesario lavarla y dejarla bien humedecida antes de sembrar o transplantar.

- B. Aserrín de madera.

El aserrín debe ser apenas una pequeña parte (entre 15% y 20%) del sustrato que debe colocar en una cama de cultivo, pues, cantidades muy grandes de él pueden ser perjudiciales para el desarrollo de algunas plantas.

- C. Hormigón o arenas volcánicas lavadas.

- D. Arenas de río.

Estos materiales se pueden utilizar solos, pero también algunas mezclas de ellos en diferentes proporciones han sido probadas en cultivos hortícola de más de 30 especies (9).

Las mezclas más recomendadas de acuerdo a varios ensayos hechos en varios lugares son (9).

50% de cascarilla de arroz	y	50% de escoria volcánica
80% de cascarilla de arroz	y	20% de aserrín
50% de cascarilla de arroz	y	50% de arena de río
50% de cascarilla de arroz	y	50% de arena volcánica (pómez)
50% de cascarilla de arroz	y	40% de escoria volcánica 10% de aserrín

### **3.1.5.2. MÉTODOS DE CULTIVO EN HIDROPONÍA**

#### **A. SUSTRATO SÓLIDO**

Este sistema es eficiente para cultivar más de 30 especies de hortalizas y otras plantas de porte bajo y rápido crecimiento. Ha sido el más aceptado por la mayoría de las personas que en la actualidad trabajan en cultivos hidropónicos; pues es el menos exigente en cuidado que el de raíz en agua y permite sembrar mayor variedad de hortalizas (7).

El sistema de cultivo sólido se divide en cultivo en agregado, cultivo en grava y técnicas misceláneas.

Cultivo en agregado: comprende a todos aquellos métodos que utilizan como sustrato la arena o agregados que posean propiedades semejantes; perlita, vermiculita, aserrín y otros.

Se puede definir al cultivo en grava como aquel sistema hidropónico que comprende los métodos en que las plantas crecen en un sustrato, generalmente no absorbente, y cuyas partículas quedan comprendidas entre los 2 mm y los 2 cm de diámetro. (20).

## **B. EL CULTIVO EN SOLUCIÓN NUTRITIVA**

Es un sistema que involucra el crecimiento de flores y vegetales sumergiendo sus raíces en una solución acuosa de nutrientes. Se basa en el principio básico de que las raíces de las plantas se desarrollan parcial o totalmente en un medio líquido que contiene todos los elementos nutritivos necesarios.

Los principales problemas técnicos del cultivo en solución se deben a características nutricionales, ya que se puede usar con éxito gran número de soluciones nutritivas. Se debe resaltar que se trata de un sistema esencialmente carente de capacidad de amortiguamiento y por lo tanto se requiere de un control, muy exacto de la solución nutritiva, sobre todo en lo referente a niveles de pH, fosfatos y hierro (15).

Las plantas son mucho más susceptibles a las condiciones adversas de pH de la solución nutritiva bajo cultivo en agua que en cultivo en grava o arena. El cultivo en solución ha demostrado ser particularmente exitoso en lugares de clima cálido-seco con muchos días soleados. Se recomienda este sistema en investigaciones fisiológicas y agronómicas, en la educación secundaria y superior, en instalaciones caseras para plantas ornamentales de interior; a nivel comercial bajo clima cálido-seco y con pocos días nublados o en lugares no adecuados para la agricultura, donde no exista un sustrato adecuado para otro tipo de sistema hidropónico o bien su costo o traslado sea muy elevado.

Este sistema no es recomendable para aquellos que se inician en la hidroponía. Además su costo de inversión es alto y se necesita disponibilidad del recurso agua (15).

El sistema de raíz flotante solo se recomienda para albahaca, apio, endibia, en diferentes variedades (13).

Cultivo en grava: comprende, además de los tipos de grava comunes, a otros sustratos semejantes ( de más de 2 mm de diámetro) como ladrillo quebrado, carbón tezontle y otros tipos de lava volcánica (13).

Dentro de muchos materiales que se consideran como grava y que se utilizan con frecuencia en la hidroponía, destacan: basalto, granito, tezontle, piedra pómez, pedazos de ladrillos, carbón, poliestireno, poliuretano, cascarilla de arroz, etc. (9). La solución nutritiva se suministra, casi exclusivamente mediante subirrigación es decir la solución se aplica al fondo de la tina o recipiente y va mojando la grava de abajo hacia arriba.

El cultivo en grava requiere el uso de tinas impermeables. Como sustrato para las raíces se coloca dentro de las tinas un medio, generalmente no absorbente, con partículas relativamente grandes, para asegurar una excelente aireación, (más de dos milímetros de diámetro) pero no tan grandes que no tengan la suficiente humedad para las raíces tan pronto como la solución es forzada dentro de las tinas y circula de abajo hacia arriba, el bióxido de carbono producto de la respiración radical, es expulsado de la grava; al drenar la solución rápidamente, el sustrato succiona aire nuevo, que es aprovechado por las raíces de las plantas en cultivos. Las partículas de gravas retienen sobre sus superficies humedad suficiente para permitir un crecimiento satisfactorio (12).

La solución puede reutilizarse por un tiempo indefinido o bien renovarse periódicamente (10).

En función de su tamaño y otras características propias de las partículas de grava empiezan a secarse después de unas pocas horas y necesitan regarse con bastante frecuencia por lo que a nivel comercial se requiere de un equipo de bombeo muy eficiente. El cultivo en grava ha demostrado varias ventajas en instalaciones comerciales y es el más comúnmente utilizado (15).

El cultivo hidropónico en grava presenta ciertos problemas técnicos de considerable importancia.. En general el control nutricional es semejante al que se realiza bajo cultivo en solución y es más exacto que bajo cultivo en agregados. Es necesario tener en cuenta la

acidez de la solución, nivel de fosfatos y nivel de hierro.

Para obtener buenos resultados debe mantenerse la acidez de la solución dentro del rango que va de media a ligeramente ácida. Las fluctuaciones de acidez no son tan marcadas como bajo cultivo en solución, pero sí bastante más que en cultivo en agregado (15).

El nivel de fosfatos en la solución nutritiva debe regularse adecuadamente, se recomienda por lo tanto no sobrepasar los seis milimoles de concentración de fosfatos. El manejo adecuado del nivel de fosfatos favorece la regulación de la acidez de la solución debido a su acción estabilizadora. Una concentración entre dos y cuatro milimoles favorece esa acción.

Uno de los principales problemas del cultivo en grava es de mantener un nivel adecuado de hierro en la solución nutritiva (3).

La solución nutritiva se formula con base a lo que necesitan las plantas y no a lo que son capaces de absorber. El desbalance en la concentración de los elementos esenciales, en las relaciones de unos con otros y en la presencia de iones extraños, afecta significativamente el desarrollo normal de las plantas cultivadas en sistema hidropónico.

Una alta concentración de iones en la solución conduce a un incremento de la presión osmótica que retarda o anula el crecimiento vegetal; aun la alta concentración de un solo ion, sin llegar a niveles de toxicidad, eleva significativamente la presión osmótica total. Las altas concentraciones de uno o más elementos nutritivos pueden ocasionar problemas de toxicidad a las plantas. Una solución muy diluida o la baja concentración de un elemento pueden provocar deficiencias nutricionales en las plantas.

El nitrógeno para las plantas se suministra como nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) o bien como amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). Una concentración elevada de amonio en la solución en relación a nitrato conduce generalmente a un crecimiento vegetal muy suculento, producto de una absorción muy rápida de amonio en relación a la producción de carbohidratos. Dependiendo principalmente de la edad y tipo de planta, de la duración e intensidad de la luz, del tipo de sustrato y de la reacción de la solución en relación al pH, es que se debe balancear la proporción de amonio con respecto a nitrato. En términos generales y para fines prácticos, se recomienda que cuando menos el 75% del nitrógeno total sea proporcionado en forma de nitrato.

Otra relación de importancia en hidroponía es la del nitrógeno con el potasio. De algunos estudios realizados se ha establecido que las proporciones de nitrógeno y potasio deben ajustarse de acuerdo con la época del año y el tipo de plantas que se cultive.

Una concentración de 200 ppm, tanto de potasio como de nitrógeno, en la solución nutritiva, se considera adecuada para la mayoría de las plantas; sin embargo en un clima de verano, varias especies de plantas se desarrollan mejor si se incrementa la concentración de nitrógeno de 250 a 300 ppm y se reduce la concentración de potasio de 150 a 100 ppm. Por el contrario, en invierno, con poca luz y relativamente baja temperatura o bien cuando se presentan muchos días nublados consecutivos, el nitrógeno debe reducirse de 100 a 150 ppm, mientras, el potasio se eleva proporcionalmente a 250 o 300 ppm.

Otra situación que se da cuando las soluciones se hacen muy concentradas (soluciones madres), es que el calcio reacciona con los sulfatos formando sulfato de calcio insoluble, lo que a la hora de hacer la dilución final, ocasionan pérdidas que pueden dar lugar a una deficiencia. Las soluciones concentradas ahorran una cantidad de tiempo y trabajo, sobre todo a escala comercial, pero se debe tener cuidado de no mezclar sales que contengan sulfatos con sales que contengan calcio. Es conveniente entonces preparar dos soluciones concentradas por separado, y una vez diluida una de ellas, agregar la proporción correspondiente de la otra.

### **3.1.5.3. NUTRIENTES REQUERIDOS POR LAS PLANTAS**

#### **A. NITRÓGENO**

Es absorbido por las plantas casi exclusivamente en forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y en forma de Amonio ( $\text{NH}_4^+$ ); soluble en agua. En hidroponía, la mayoría del nitrógeno se proporciona en base a nitratos. El amonio, en la mayoría de los casos, solo se usa como fuente suplementaria ya que, elevadas concentraciones de este ión, puede causar daños fisiológicos a las plantas. Las principales fuentes de nitrógeno son el nitrato de potasio pero es muy difícil y caro conseguirlos en pequeñas cantidades, proporciona nitrógeno en forma de nitratos y potasio requerido. Nitrato de calcio: solo puede conseguirse como reactivo analítico, lo cual hace imposible su uso a escala comercial; es una fuente satisfactoria de nitrógeno y calcio soluble, además es muy higroscópico. Nitrato de sodio: es buena fuente

de nitrógeno pero el sodio que entra en la solución sólo va a incrementar el contenido de sales sin contribuir a la alimentación vegetal. Nitrato de amonio: aunque contiene iones de nitrato y amonio no se recomienda su uso como fuente exclusiva de nitrógeno ya que la proporción de nitratos es elevada. Sulfato de amonio: es muy barato y fácil de conseguir, puede proporcionar la cantidad necesaria de amonio en la solución. Acidifica la solución y proporciona también parte del azufre necesario. Fosfato monoamónico (11-48-0) y fosfato diamónico (18-46-0): aunque se utilizan como fuente de fósforo son un buen complemento de nitrógeno en forma amoniacal. La urea es utilizada principalmente en la producción intensiva de forrajes en hidroponía (9).

## **B. FÓSFORO**

Asimilable por las plantas como ión fosfato ( $\text{PO}_4^-$ ). Sus principales fuentes son superfosfato de calcio simple, es la más usada; de fósforo, es barato y fácil de conseguir, contiene calcio, azufre y varios micro elementos como impurezas; es difícil de disolver. Superfosfato de calcio triple: contiene más fósforo que el superfosfato simple, pero menos impurezas, su precio es más elevado y difícil de disolver. Fosfato de amonio y fosfato diamónico: son más fáciles de disolver que el fosfato de calcio simple y el superfosfato de calcio triple, proporcionan nitrógeno amoniacal. Ácido fosfórico: normalmente es una fuente suplementaria de fósforo, utilizada para regular el pH, en vez del ácido sulfúrico, se utiliza como solución débil (15).

## **C. POTASIO**

Sus principales fuentes son el nitrato de potasio y sulfato de potasio, son baratos y fáciles de conseguir, el sulfato de potasio también proporciona azufre. Se puede usar Cloruro de potasio pero se debe tener cuidado que no se eleve el contenido de cloro de la solución ya que puede ocasionar toxicidad a las plantas (15).

## **D. CALCIO**

Las principales fuentes de calcio son nitrato de calcio muy soluble, pero no se consigue en el mercado como fertilizante comercial. Superfosfato, simple y triple proporciona una buena cantidad de calcio pero, es difícil de diluir. Sulfato de calcio (yeso),

es difícil de diluir, es barato y fácil de conseguir. Cloruro de calcio: se recomienda sólo como fuente suplementaria porque eleva el contenido de cloro en la solución (15).

#### **E. AZUFRE**

Utilizado por las plantas en forma de sulfatos ( $\text{SO}_4^-$ ). Las plantas presentan límites de tolerancia amplia para el azufre, por lo tanto, no se contabiliza al hacer la solución nutritiva, pues se considera que siempre queda dentro de los límites adecuados. Sus principales fuentes son sulfato de amonio, sulfato de potasio, superfosfato, sulfato de magnesio; además de azufre, proporciona el magnesio necesario, sulfato de calcio (15).

#### **F. MAGNESIO**

Sus principales fuentes son sulfato de magnesio, usado exclusivamente en hidroponía como fuente de magnesio debido a su solubilidad, bajo costo y accesibilidad. Nitrato de magnesio: más caro y difícil de conseguir en el mercado que el sulfato de magnesio (15).

#### **G. HIERRO**

Tiene tres fuentes principales. Sulfato ferroso: donde la solución debe tener un pH menor de seis para disolver bien, es la fuente más barata de hierro. Cloruro férrico: más caro que el sulfato ferroso y difícil de conseguir. Quelatos: proporciona hierro asimilable por periodos de tiempo más largos que el sulfato ferroso y previene la precipitación de fósforo, su precio es elevado. (3).

#### **H. MANGANESO**

En la solución nutritiva, es proporcionado como sulfato, cloruro o quelatos de manganeso (3).

#### **I. BORO**

Se asimila como borato ( $\text{BO}_3^-$ ) y sus principales fuentes son el ácido bórico, y el bórax (tetraborato de sodio) (3).

**J. COBRE**

Sus principales fuentes son el sulfato y cloruro de cobre.

**K. ZINC**

Se aporta a la solución como sulfato o cloruro de zinc.

**L. MOLIBDENO**

Es requerido en pequeñas cantidades, se encuentra como impurezas en otros fertilizantes y por lo tanto no requiere de ninguna fuente adicional. (9).

**3.1.5.4. CONTROL TÉCNICO DE LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS**

Dentro de los factores que se deben tomar en cuenta para asegurar resultados satisfactorios respecto a la nutrición de las plantas por los elementos esenciales están:

**A. CALIDAD DEL AGUA**

El agua puede obtenerse de varias fuentes; lluvias, ríos, corrientes subterráneas, lagos, pozos, agua de mar destilada, etc. Además de agua de lluvia o del agua destilada, todas las fuentes naturales contienen cantidades variables de sales en solución, las cuales deben ser sometidos a análisis químico si se pretenden usar en hidroponía, para evitar problemas nutricionales. Si los sólidos totales presentes en el agua sobrepasan los 3000 ppm se debe hacer un análisis químico del agua que se piensa utilizar, que contemple cuando menos: sólidos totales y cloruros, si los sólidos totales exceden las 500 ppm. Dureza; si es alta, debe analizarse para calcio y magnesio, metales pesados, sulfuro y cloro libre solo cuando se sospeche (19).

**B. pH DE LA SOLUCIÓN**

Conocer el pH que rodea a las raíces es de extrema importancia para el adecuado crecimiento. La mayoría de las plantas crecen muy bien con una solución nutritiva que tenga un pH de 5.0 a 6.5. Para medir el pH de agua o de la solución nutritiva se utiliza: papel indicador, el cual es el más sencillo, más barato y más usado en Hidroponía. También se puede utilizar el método de determinación electromagnética, la cual utiliza aparatos especiales con electrodos. El rango de pH recomendado para el cultivo de pepino es de 5.5

a 6.5 (14).

### **3.1.5.5. MANEJO DE LOS CULTIVOS HIDROPÓNICOS**

#### **A. MÉTODOS DE SIEMBRA**

##### **a. SIEMBRA POR TRANSPLANTE**

El sustrato utilizado para hacer semilleros en hidroponía debe ser muy suave, limpio y homogéneo. Se debe nivelar muy bien para que al trazar los surcos y depositar las semillas, no queden unas más profundas que otras, ya que esto afectaría la uniformidad del nacimiento y el desarrollo inicial.

No se debe hacer almácigos en tierra para luego trasplantarlos a sustratos hidropónicos. Las plantas que se van a trasplantarlas en hidroponía deben nacer en sustrato preparados para hidroponía (10).

##### **b. SIEMBRA DIRECTA**

La siembra directa se hace en especies que no resisten el transplante o porque desde el comienzo se desarrollan con mucho vigor y no requieren cuidados especiales que garanticen sus primeros días de vida, como si sucede con las especies que tienen semillas muy pequeñas y que por lo tanto dan lugar a plantas muy pequeñas en los primeros días de desarrollo (10).

#### **B. AIREACIÓN**

En el sistema de sustrato sólido al aplicar diariamente los riegos y con el paso del tiempo se van formando costras sobre la superficie del sustrato que impiden que el aire penetre en sus espacios porosos limitándose así la toma de alimentos y agua. Para evitar estas costras se escarda muy superficialmente dos o tres veces por semana entre los surcos de las plantas, teniendo el cuidado de no hacer daño a las raíces (6). La aireación para el sistema de raíz flotante se logra al agitar la solución al menos dos veces por día para oxigenar la solución y dispersar las sales nutritivas; cuando no se agitan se forma algas que dan mal aspecto y alteran el desarrollo. Con los dos sistemas de cultivos es importante tener constante cuidado con la presencia de plagas que puedan afectar la cantidad y calidad de las cosechas. También debemos cuidar los cultivos de los excesos de sol o de las altas temperaturas o de

las lluvias muy fuertes (4).

La ventilación de los cultivos hidropónicos es muy importante, especialmente los instalados en lugares cerrados, donde debe haber una buena circulación de aire fresco. Sin embargo las corrientes de aire, el humo, los gases y el polvo son muy perjudiciales. Si el ambiente es muy seco debe humedecerse colocando recipientes con agua o rociando las hojas. El exceso de humedad provoca el desarrollo de enfermedades. Los vientos moderados suelen favorecer la circulación de la savia, facilitan la fecundación transportando el polen y renuevan el aire en el medio ambiente de la planta (4).

### **C. LA LUZ**

La luz es vital para el crecimiento de las plantas, pero no todas necesitan la misma cantidad de luz. Es conveniente que los cultivos reciban la mayor cantidad posible, especialmente en invierno por lo que es aconsejable colocarlos en lugares claros. En lugares abiertos debe procurarse que no de el sol a pleno durante todas las horas del día, no debemos olvidarnos que existen especies que se desarrollan mejor a la sombra (4).

### **D. LA ADICIÓN DE LOS ELEMENTOS NUTRITIVOS**

Debe ser un procedimiento de control y balance, cada elemento es vital en la nutrición de la planta la falta de uno solo limitará el desarrollo por que la acción de cada uno es específica y ningún elemento puede ser reemplazado por otro. No existe una única fórmula para nutrir los cultivos hidropónicos, la mejor fórmula es la que cada uno experimente con óptimos resultados (4).

### **E. LAS MEDIDAS DE LOS RECIPIENTES**

El tamaño de los recipientes es variable y depende de las necesidades particulares de cada uno, pero el largo máximo debe ser de 6 metros y un ancho máximo de 90 cm. Los recipientes deben tener perforaciones en su base para tener un buen drenaje y aireación. Los orificios deben estar abiertos en el momento de drenaje pero que puedan ser obturados por medio de tapones. Para asegurar un buen drenaje es necesario que los recipientes tengan una pendiente de 3% a 5% que dependerá del sustrato utilizado. El recipiente debe ser inerte para evitar reacciones o cambios en la solución nutritiva (10).

## **F. RIEGO**

En hidroponía es imprescindible el uso de un sistema de riego para suplir las necesidades de agua de las plantas y suministrarles los nutrientes necesarios. Los sistemas de riego que pueden utilizarse van desde uno manual con regadera hasta el más sofisticado con controladores automáticos de dosificación de nutrientes, pH y programador de riego.

## **G. SIEMBRA**

Una buena siembra ayuda considerablemente a las plantas a desarrollarse bien tanto al comienzo como durante la floración y fructificación. Para esto debemos asegurarnos que las semillas sean frescas y con un alto poder germinativo (3).

Un semillero se compone de una serie de elementos destinados a brindarle a la semilla todas las condiciones necesarias para su germinación. Los métodos más adecuados para realizar semilleros son: el de los cubos de espuma plástica, los almácigos o la siembra directa en los recipientes hidropónicos (4).

## **H. PLAGAS**

El desarrollo y producción de las plantas puede ser alterado por enemigos externos que buscan aprovecharse de las buenas condiciones de desarrollo en cualquiera de sus estados, desde el semillero hasta el estado adulto, afectando cantidad y calidad del producto. En hidroponía las plagas se controlan empleando métodos no tradicionales que apartan el uso de productos químicos ya que en las condiciones en que se desarrollan los cultivos, podrían ser dañinos para las personas que los aplican o para quienes los consumen; además que podrían causar reacciones no deseables con respecto a la solución nutritiva. Es necesario realizar una revisión diaria de la huerta o parte de ella si está es muy grande en las primeras horas de la mañana y en las últimas de la tarde, ya que cuando la temperatura es muy alta los insectos no son fácilmente localizables. Las plagas que más se presentan en los cultivos hidropónicos son los lepidópteros en sus estados inmaduros y pulgones o áfidos que se presentan en periodos secos y calurosos. También llegan a ser importantes los daños causados por las babosas o caracoles los cuales se presentan en abundancia en época lluviosa; es una plaga nocturna y por lo tanto se debe buscar en

lugares oscuros por la mañana (9).

Es posible aplicar métodos de control de plagas que no contaminen el ambiente ni los productos cosechados; dentro de estos los más accesibles y de buena respuesta tenemos: colocar banderas de plástico de color amarillo impregnadas de aceite; lavaza o enjuagadura de jabón corriente, aplicada con un atomizador en forma de rocío para controlar pulgones y larvas pequeñas; trampas de luz encima o dentro de un recipiente con agua o aceite quemado durante una o dos horas cada noche; Cebos o trampas atrayentes para el control de babosas y caracoles; espanta pájaros de diferentes tipos (15).

Como un complemento a estas prácticas se puede aplicar en rotación y con intervalos extractos o sumos de ajo, ají, eucalipto, nim, orégano, ortiga o pringamusa, paico o apazote, ruda, tabaco y otros más (9).

#### **I. DESCRIPCIÓN DEL PEPINO (Cucumis sativus L.)**

Pertenece a la familia de las cucurbitáceas, es originario de la India. Posee tallos herbáceos Es de ciclo vegetativo anual y de hábitos de crecimiento rastrero o trepador. Tiene un sistema radicular abundante pero superficial, hojas alternas y ásperas al tacto, con cinco lóbulos dentados, provista de zarcillos. Produce flores masculinas y femeninas separadas en la misma planta, las masculinas aparecen en las axilas de las guías secundarias en grupos de 5, las flores femeninas aparecen en las mismas guías secundarias después de las masculinas, sus frutos se consumen en ensalada o en conserva antes de llegar a su madurez fisiológica, se reproduce por semilla, Después de ser cosechado el fruto puede durar hasta ocho días a la intemperie sin perder sus características, pero en refrigeración puede durar de 20 a 30 días apto para su consumo, cualidad que se aprovecha para exportarlo (2).

## **3.2. MARCO REFERENCIAL**

### **3.2.1. Finca Las Delicias**

Se encuentra en el municipio de Jalapa del departamento del mismo nombre, Jalapa, es bastante montañoso y quebrado. La finca Las Delicias se encuentra a 28 Km, de la cabecera departamental, cuenta con alturas que oscilan desde los 800 msnm hasta los 1300 msnm, tiene una extensión de 22 caballerías. Cuenta con dos ríos afluentes, del Río Grande o Las Lajas, además cuenta con varias corrientes intermitentes dentro de toda la finca, se dedica a la producción de hortalizas bajo invernadero y a campo libre, como también a la crianza de ganado bovino. Se encuentra a una latitud 14°38'52" norte, longitud 89°58'52". Oeste.

### **3.2.2 Ecología**

\*El municipio de Jalapa se encuentra en la zona bosque húmedo sub-tropical, (templado), caracterizándose por temperaturas variables, con tendencias a ser calurosas y lluviosa. Tiene las siguientes características:

- a. Biotemperatura de 20°C a 26°C
- b. Precipitación pluvial anual de 1,100 a 1,349mm.
- c. Evapotranspiración potencial alrededor de 1.0

#### **4. OBJETIVOS**

- 4.1 Hacer un análisis del uso de soluciones nutritivas y sustratos en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) cultivado en sistema hidropónico.
  
- 4.2 Identificar la solución nutritiva que promete mejor rendimiento en cuanto a la altura de la planta y número de flores.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1. MATERIALES

#### 5.1.1. Híbrido de pepino Tropi-Cuke II

Posee guías vigorosas, alta producción de frutos color verde oscuro, de 20 centímetros de largo por 6 centímetros de diámetro, conserva su color durante varios días, es resistente al transporte. Es resistente al mildiu lanosos, mancha angular y antracnosis, se cosecha a los 70 días después de la siembra.

#### 5.1.2. Sustratos

A. Arena blanca con diámetros de 0.05 a 5 mm: tiene una porosidad elevada, presenta buen drenaje y mediana retención de agua.

B. Cascarilla de arroz: este presenta una adecuada retención de agua así como aireación.

C. Aserrín: proveniente de arena de pino, posee una excelente retención de agua y una aireación de adecuada a deficiente.

Se utilizaron dos mezclas de estos sustratos en las siguientes proporciones:

- a. Arena blanca 70%, cascarilla de arroz 30%.
- b. Arena blanca 70%, aserrín 30%
- c. Arena blanca 70%, aserrín 15%, cascarilla de arroz 15%

Con los sustratos mezclados homogéneamente, se llenaron 12 bolsas de polietileno con cada sustrato, para hacer un total de 36 bolsas. Previo a la siembra, se procedió a desinfectar los sustratos aplicando agua caliente, se dejaron enfriar y al día siguiente, se aplicó agua hasta saturar. Esto, para que contenga humedad suficiente para la germinación. La siembra se realizó a través de siembra directa, se colocaron 2 semillas por bolsa y al estar completamente germinadas, se raleó y se dejó la planta más vigorosa.

#### 5.1.3. Soluciones Hidropónicas

Las soluciones nutritivas utilizadas fueron:

A. Solución nutritiva de la Universidad Nacional Agraria La Molina, de Perú (UNALM).

B. Solución del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP).

C. Solución de la Finca Las Delicias (FINCA).

La distribución de la aplicación de las soluciones se realizó en cada tratamiento y se contabilizó un total de 9 tratamientos de 3 sustratos.

Se utilizó una cantidad de 600 ml de solución nutritiva diariamente, se distribuyó en tres aplicaciones de 200 ml de solución nutritiva, por cada una, para conservar la humedad de la planta y que los nutrientes fueran asimilados de mejor forma. Se aplicaron a las siete de la mañana, al medio día y las cuatro de la tarde.

### 5.1.3.1. Solución UNALM

Durante todo el ciclo del cultivo se prepararon y aplicaron 36 litros de solución nutritiva. Esta solución está conformada por dos soluciones madres A y B. En los cuadros 2 y 3 se observan los diferentes fertilizantes sus compuesto y la cantidad a utilizarse el la formulaciones de las soluciones nutritivas.

#### A. Solución A

Cuadro 2. Solución nutritiva A. Fertilizante, porcentaje de elementos y cantidad a utilizar

Nitrato de Potasio	13% N -46%K	1100 gr
Nitrato de Amonio	33% N	700 gr
Superfosfato triple de Calcio	45% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -20% Ca	350 gr

#### B. Solución B

Cuadro 3. Solución nutritiva B. Fertilizante, porcentaje de elementos y cantidad a utilizar

Sulfato de Magnesio	13% Mg-22% S	550 g
*Fertilom Combi		30 g
Quelato de Hierro	6 % Fe	20 g
Ácido Bórico	36% B	3 g

\* Fetrim combi es un fertilizante foliar soluble , el cual contiene los siguientes elementos: magnesio (9 % de MgO), azufre (3 % S), hierro (4% Fe), manganeso (4 % Mn), cobre (1.5% Cu), zinc (1.5% Zn), boro (0.5% B), cloro y molibdeno (0.1% Mo).

C. Preparación: Se pesó por separado cada uno de los fertilizantes ocupados en las cantidades indicadas.

a. Solución A

En 500 ml de agua se diluyó el superfosfato triple, hasta que el fertilizante se disgregó completamente. El superfosfato ya disuelto se pasó a otro recipiente con 250 ml de agua.

Se agregó aproximadamente un litro de agua en un recipiente y luego se echó el nitrato de amonio, se agitó hasta estar completamente disuelto. Y así los demás elementos de la solución hasta tenerlos todos mezclados en un sólo recipiente.

b. Solución B

En un litro de agua se mezclaron todos los elementos, uno por uno hasta estar disuelto, luego se agregaron cuatro litros de agua para tener una solución B de cinco litros.

Se almacenaron las soluciones A y B por separado. Para preparar la solución nutritiva, antes de aplicarla, se mezclaron 5 ml de solución A, y 2 ml de solución B, por litro de agua a utilizar.

c. Modo de uso

Para preparar un litro de solución nutritiva se agregaron 5 ml de solución concentrada A, y 2 ml de solución concentrada B, a un litro de agua. La concentración de elementos en la solución nutritiva se presenta en el cuadro número 4.

Cuadro 4. Concentración de los elementos de la solución nutritiva mezclada.

N 190 ppm	P 35 ppm	K 200 ppm	Ca 150 ppm	Mg 45 ppm	Fe 1.0 ppm
S 70 ppm	Mn 0.5 ppm	B 0.5 ppm	Zn 0.15 ppm	Cu 0.15 ppm	Mo 0.01 ppm

### 5.1.3.2. Solución FINCA

En el cuadro 5 se observan los diferentes fertilizantes, porcentaje de los elementos y cantidad en gramos para 20 litros de solución.

Cuadro 5. Fertilizante y cantidad a usarse para la formulación de 20 litros de solución nutritiva FINCA.

Nitrato de Sodio	6 % N	20 g
Cloruro de Calcio		30 g
Nitrato de Potasio	13% N-46% K	15 g
Sulfato de Magnesio	13%Mg-22% S	10 g
Cloruro de Amonio		4 g
Sulfato de Cobre	25% Cu	0.2 g
Sulfato Ferrico		3 g
Fosfato Calcico		1.4 g
Sulfato de Zinc	22% Zn	0.2 g
Sulfato de Manganeseo	16% Mn	1g

La solución nutritiva FINCA llevó una concentración final de los elementos que se observan en el cuadro 6.

Cuadro 6. Concentración de elementos que forman la solución FINCA.

N 119 ppm	P 30 ppm	K 140 ppm	Ca 100 ppm	Mg 24 ppm	S 32 ppm
Fe 2.5 ppm	Bo 0.25 ppm	Mn 0.25 ppm	Zn 0.025 ppm	Cu 0.01 ppm	Mo 0.005 ppm

### 5.1.3.3. Solución INCAP

Esta también se divide en dos soluciones madre: A y B. La solución A es de elementos mayores y la solución B es de elementos menores. Estas soluciones se compraron ya preparadas en el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, se usaron 2 ml de solución A, y 5 ml de solución B por litro de agua. Los compuestos que lleva la solución nutritiva Se presentan en el cuadro 7.

Cuadro 7. Fertilizantes y porcentaje de elementos de la solución nutritiva del INCAP.

COMPUESTO		Formula N-P-K
Fosfato monoamónico,	$(\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{PO}_4$	12-61-0
Nitrato de calcio,	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	7.12. Ca 19%
Nitrato de potasio,	$\text{KNO}_3$	13-0-46
Nitrato de magnesio,	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	11-0-0 MgO 16%
Sulfato de magnesio,	$\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	S 13% MgO
Sulfato de manganeso,	$\text{Mn}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	16.3%
Sulfato de cobre	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	N/A
Sulfato de zinc,	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	N/A
Sulfato de cobalto,	$\text{CoSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	N/A
Acido bórico,	$\text{BH}_3\text{O}_3$	N/A
Molibdato de amonio	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	N/A
Citrato de hierro amoniacal		N/A

FUENTE: Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, Soluciones Hidropónicas (7).

## 5.2. VARIABLES DE RESPUESTA

- Altura de plantas: al finalizar el ciclo del cultivo se procedió a medir las plantas de cada tratamiento.
- Número de flores totales: Durante toda la etapa de floración se procedió a tomar muestras por cada tratamiento, se hizo un conteo de flores masculinas y femeninas en cada planta muestreada.
- Número de flores femeninas: al llegar la etapa de floración se contaron solo flores femeninas, diferenciadas por su estructura floral.
- Número de flores masculinas: al llegar la etapa de floración se procedió a realizar conteos de flores masculinas que se diferencian por su estructura floral, durante todo el ciclo del cultivo desde el inicio de la floración.
- Número de frutos: al llegar a la etapa de producción se contaron los frutos de las plantas.

Los muestreos de flores se realizaron cada 8 días después de que aparecieron las primeras flores, aproximadamente a los 15 días, después de germinada la planta.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tres sustratos utilizados proporcionaron las condiciones adecuadas para la buena absorción de agua y nutrientes de las 36 plantas sembradas, no obstante, al aplicar la misma solución en los distintos sustratos no hubo diferencia, esto nos sugiere que las soluciones nutritivas analizadas proporcionaron las condiciones favorables para que el cultivo se desarrollara adecuadamente.

En base a los resultados de la media de las variables tomadas, se pudo observar que la solución hidropónica del INCAP dio los mejores resultados al compararlos con las otras soluciones. Se logró una producción mayor de flores en total, la mayoría femeninas (el 92% de flores femeninas y el resto de flores masculina) lo que se traduce en mayor cantidad de frutos. Los resultados obtenidos en las otras dos soluciones (FINCA y UNALM) produjeron 80% de flores femeninas y 20% masculinas. Esto marcó una diferencia de por lo menos 35 flores totales, en relación al resultado obtenido con las otras soluciones utilizadas.

En el cuadro 8 se presentan las medias de los resultados obtenidos. Los sustratos no mostraron diferencias en los datos tomados. Por que al aplicar la misma solución en los distintos sustratos no presentaron diferencias.

Cuadro 8. Datos de medias obtenidas en los sustratos del cultivo de pepino

SUSTRATOS	Arena, cascarilla de arroz	Arena, aserrín	Arena, aserrín, cascarilla de arroz
FLORES TOTALES	103	102	102
FLORES FEMENINAS	88	88	87
FLORES MASCULINA	15	14	15
ALTURA DE PLANTA	185	187	186
FRUTOS TOTALES	81	80	80

En el cuadro 9 se presentan las medias de los resultados obtenidos. Se tomó en cuenta sólo el tipo de solución utilizada, ya que los sustratos no mostraron diferencias en los datos tomados. Por que al aplicar la misma solución en los distintos sustratos no presentaba diferencias.

Cuadro 9. Datos de medias obtenidas del cultivo de pepino

SOLUCIÓN NUTRITIVA	INCAP	UNALM	FINCA
FLORES TOTALES	125	90	92
FLORES FEMENINAS	118	72	73
FLORES MASCULINAS	7	18	19
ALTURA DE PLANTA	210 cm	170 cm	178 cm
FRUTOS TOTALES	108	66	67

Como se aprecia en la figura 1, la solución nutritiva del INCAP produjo la mayor cantidad de flores totales (masculinas y femeninas), al compararse con las otras soluciones nutritivas usadas. Ello indica que se espera una mayor producción de frutos.

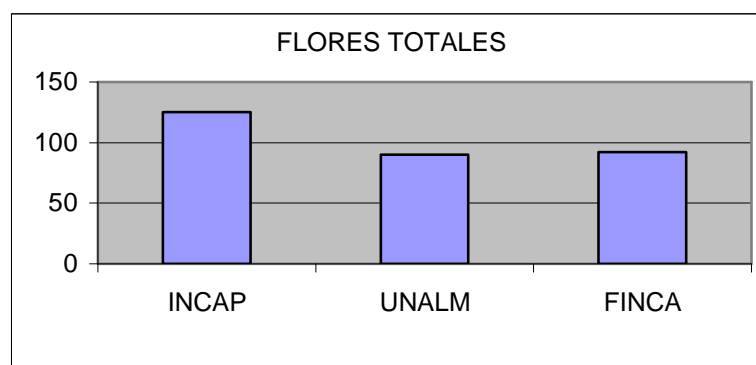


Figura 1. Media de flores totales en cada una de las soluciones evaluadas.

Como se observa en la figura 2, las plantas a las que se les aplicó la solución nutritiva del INCAP presenta mayor número de flores femeninas. Este resultado nos indica que la cantidad de frutos que producirá será mayor, en comparación a las plantas que se les aplicó las soluciones nutritivas UNALM y FINCA, y en las cuales el número de flores femeninas fue menor.

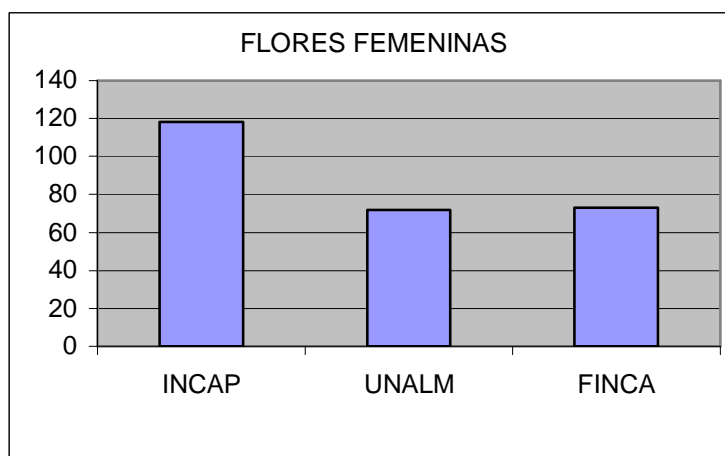


Figura 2. Media de flores femeninas en cada una de las soluciones evaluadas

Se puede ver en la figura 3, la comparación del número de flores masculinas de la media tomada de los datos obtenidos en los conteos realizados. Las plantas que se nutrieron con las soluciones UNALM y FINCA presentan una mayor cantidad de flores masculinas que las plantas que se nutrieron con la solución del INCAP. Esto nos da la idea de que las plantas nutridas con las soluciones UNALM y FINCA, producirán menos frutos por presentar más flores masculinas, en comparación a las plantas nutridas con la solución INCAP.

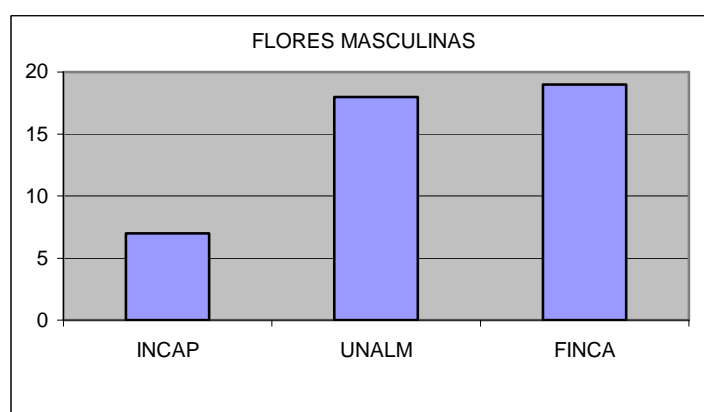


Figura 3. Media de flores masculinas de cada una de las soluciones evaluadas.

Las plantas que se les aplicó la solución nutritiva INCAP presentan mayor altura que las plantas nutridas con las soluciones UNALM y FINCA. Esto nos da la pauta que al tener más altura existirá mayor espacio para la producción de flores, por consiguiente, tendrá más producción de frutos que las otras plantas. Estos resultados se observan en la figura 4.

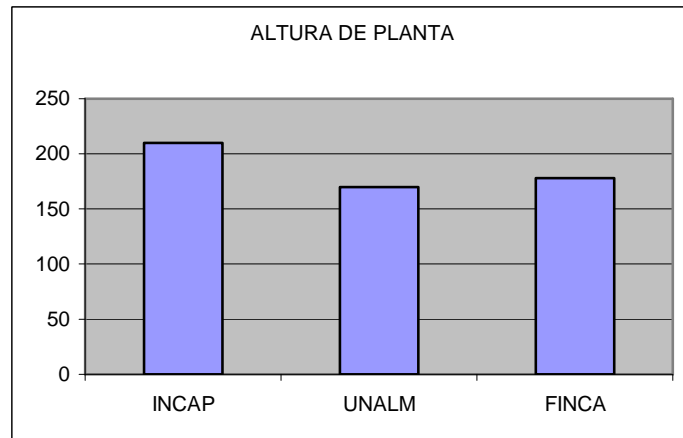


Figura 4. Media de altura de plantas de cada una de las soluciones evaluadas.

En la figura 5, se confirman los resultados obtenidos en los análisis que indican las figuras 1, 2, 3 y 4. Las plantas nutridas con la solución INCAP produjeron mayor cantidad de frutos gracias a su considerable altura y a una mayor producción de flores femeninas. Esto, en comparación a las plantas que se les aplicaron las soluciones nutritivas UNALM y FINCA.

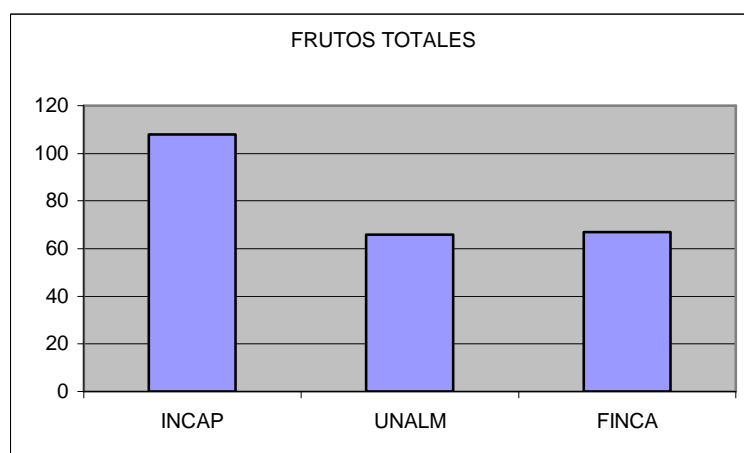


Figura 5. Media de frutos totales de las plantas de cada una de las soluciones evaluadas

## 7. CONCLUSIONES

- 7.1 Se observaron diferencias cualitativas y cuantitativas en el cultivo de pepino (Cucumis sativus L.), debido a la eficiencia de las soluciones nutritivas, siendo la más adecuada para éste, la solución nutritiva del INCAP.
- 7.2 Se observó que el factor que produjo diferencias en las variables de respuesta (altura de la planta, número de flores y frutos totales) fue la solución nutritiva, ya que los sustratos produjeron el mismo efecto, ya que al aplicar una misma solución en los distintos sustratos no se encontró diferencia entre las medias de cada una de las variables evaluadas.

## **8. RECOMENDACIONES**

- 8.1 Se recomienda usar la solución nutritiva del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá INCAP, para el cultivo hidropónico de pepino ( Cucumis sativus L.) ya que se observo mejor respuesta que con las otras soluciones utilizadas.
  
- 8.2 Se recomienda seguir haciendo análisis en hidroponía en las distintas plantas para consumo humano que existen ya sean comestibles o medicinales.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. BACA, G. A. 1991. Efecto de la solución nutritiva, en el riego, el sustrato y la densidad de siembra en tres cultivos hortícola en hidroponía al aire libre II. Melón y tomate. Rev. Agrociencia (Mex.) no. 35-38:2-4
2. BARCELO, C. J. 1980. Fisiología vegetal. España, Ed. Pirámide. 118p
3. BAUTISTA M.C. 2000. Evaluación del rendimiento de cuatro variedades de lechuga Lactuca sativa En cultivo hidropónico, utilizando como sustrato arena y cascarilla de arroz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía 54 p
4. CASTAÑEDA, F. R. 1997. Diseño y evaluación de un sistema de cultivo hidropónico para la producción de hortalizas a nivel domestico. Tesis Ing. Químico. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 109 p.
5. COLEGIO J.N. (Arg). 1998. Bialik. B.A. Argentina. (E-Mail ebotob@einstein.com.Ar. )
6. DUCKWORTH, R. B. F. 1996. Fruit and vegetables. Oxford, Pergamor Press.306 p
7. INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR.  
SUBDIRECCIÓN DE NUTRICIÓN, REDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS. 1,992 Tabla de composición de alimentos Colombianos. 6 Ed. Colombia. 53 p.
8. INSTITUTO DE NUTRICIÓN DE CENTRO AMÉRICA Y PANAMÁ. 1986.  
Tabla de composición de Alimentos para uso en América Latina. Guatemala. 144 p.
9. INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMA. 1997.  
Manual técnico de Hidroponía Popular , Guatemala . 60 p
10. KRAMER, R. A. 1965. Evaluation of quality of fruitd and vegetables. Washington, D.C., EE.UU., Ed. Food Quality. p. 9-18

11. MARULANDA, C. H. 1,992. La huerta hidropónica popular, curso audiovisual. Santiago, Chile, OEA/PNUD. 118 p.
12. -----, 1998. Huerta hidropónica. San Salvador. (E . MAIL: Cesar. h. marulanda@ undp.org PNUD. San Salvador)
13. MORALES, M. A. 1992. Efecto de cinco frecuencias sobre el rendimiento Evapotranspiración del cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.) en el valle Central de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 82 p.
14. PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO, INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y FOMENTO MUNICIPAL. 1,997. Hidroponía popular, cultivos sin tierra, guía práctica. Nicaragua. 42 p.
15. -----, 1,997. Hidroponía popular, cultivos sin tierra, guía técnica. Nicaragua. 36p
16. SÁNCHEZ, F.; ORTEGA, C. 1980. Estudio de un sistema de producción agrícola. Rev. Chapingo. (Méx.) no. 25-26 : 9
17. -----; ESCALANTE, E. R. 1981. Hidroponía. México, Universidad Autónoma de Chapingo. 176 p.
18. SÁNCHEZ, A.; SÁNCHEZ, F. 1981. Estudio preliminar de la técnica de producción intensiva de forraje en hidroponía. Rev. Chapingo. (Méx.) no. 27-28 : 68-74
19. SANZ, M. 1993. Guía práctica de cultivos hidropónicos; quelatos y bioestimulantes. Santiago de Chile, Ed. Minks. 67p
20. TWICC, B. 1,962. Fundamentals of the quality control for the food industry. London, Mack Printing Company. 512 p.
21. VALLEJO, J.; FERNÁNDEZ, R. 1978. Determinación del uso consultivo, lamina de riego e intervalo de riego en hidroponía, para cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum*). Rev. Chapingo. (Méx.) no. 11-12 : 40-45.
22. VENEZUELA. MINISTERIO DE SANIDAD Y ASISTENCIA SOCIAL, INSTITUTO NACIONAL DE NUTRICIÓN. 1991. Tabla de composición de alimentos para uso práctico. Caracas, Venezuela. 5 p.

