

300618

2  
2oj



**UNIVERSIDAD LA SALLE**

**ESCUELA DE QUIMICA**

**INCORPORADA A LA U. N. A. M.**

**" PROYECTO PARA LA CREACION DE UN  
SISTEMA HIDROPONICO CON EL USO  
DE ACIDOS HUMICOS "**

**TESIS PROFESIONAL**  
**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**  
**INGENIERO QUIMICO**  
**PRESENTA :**  
**ALBERTO ALVAREZ ZAVALA**

**DIRECTOR DE TESIS :**  
**M. C. JOSE LUIS GONZALEZ DIAZ**

**MEXICO, D. F.**

**1992**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## INDICE

Objetivo.....	3
1.- Introducción.....	4
2.- Cultivos Hidropónicos.....	8
2.1. Introducción e historia.....	8
2.2. Características de la solución nutritiva.....	10
2.3. Acción de los nutrientes en los vegetales.....	17
2.4. Técnicas de cultivo en hidroponía.....	21
3.- Los Ácidos Húmicos.....	28
3.1. Introducción e historia.....	28
3.2. Clasificación de las sustancias húmicas.....	30
3.3. Estructura química.....	33
3.4. Interacción de los ácidos húmicos con los nutrientes.....	36
3.5. Efectos nutricionales en la planta.....	40
3.6. Asimilación de las sustancias húmicas.....	42
3.7. Efectos en el transporte y respiración.....	43
3.8. Efectos sobre el metabolismo vegetal.....	44
3.9. Efectos sobre el desarrollo de microorganismos..	45
4.- Desarrollo del cultivo hidropónico.....	53
4.1. Sistema hidropónico propuesto.....	53
4.2. Manejo del cultivo.....	64
5.- Conclusiones y recomendaciones.....	69
5.1. Ventajas.....	69
5.2. Desventajas.....	71
5.3. Conclusiones.....	71
6.- Anexos.....	73
6.1. Anexo 1.....	73
6.2. Anexo 2.....	74
7.- Bibliografía.....	75

**OBJETIVO:**

Desarrollar una propuesta para un sistema hidropónico a ser usado en cultivos intensivos a mediana o gran escala, utilizando ácidos húmicos en el desarrollo; así mismo destacar las ventajas que el uso de este sistema presentaría para los desarrollos agrícolas del país.

## I.- INTRODUCCION

Uno de los problemas que tradicionalmente ha sido preocupación del hombre es el lograr producir más alimento y de mejor calidad sin que esto le represente el tener que ocupar más terreno. Desde que el hombre se volvió sedentario, ha tratado de sacar el mayor provecho posible de la tierra que habita, ya que en gran parte su supervivencia depende de la cantidad de alimento que pueda obtener en forma segura tanto para él mismo como para el ganado que mantiene.

Así pues, en un principio el hombre dependía de la temporada de lluvias, del suelo y de mantener lejos de sus cultivos a las plagas; pueblos enteros se extinguieron o pasaron a ser dominados cuando las inclemencias de la naturaleza acababan con sus cosechas por dos o tres años.

En este siglo, el hombre ha cambiado substancialmente la faz de la tierra pero al mismo tiempo ha cambiado sus costumbres. Durante gran parte de la existencia del ser humano, la mayoría de la población se dedicaba a las labores agrícolas y los conocimientos de como cultivar se transmitían de generación en generación, esto hoy no existe; la mayor parte de la gente habita en grandes ciudades y así como hace años, la gente se preocupaba por enseñar a sus hijos como cultivar, hoy nos preocupamos por enseñarles a nuestros hijos como manejar un coche o a escoger una lata de conservas o a usar una tarjeta de crédito. (1)

Conforme la cantidad de pobladores en el mundo ha ido aumentando se ha hecho necesario producir más y mejor alimento para esta población, siendo hoy en día cuando este problema se ha tenido que analizar con mayor cuidado ya que en solo 30 años el hombre duplicó su población mundial, lo que representa que se tuvo que duplicar la producción de alimento. (1)

Como regresar al campo y lograr obtener de él una producción suficiente, que con poca gente logre alimentar a la población creciente de las ciudades? Como lograr que la misma tierra que hace solo 1000 años producía alimento para cien millones de habitantes hoy de alimento a más de siete mil millones?.

Estas preguntas no son nuevas y a lo largo de todo este siglo, a raíz de las guerras y de las hambrunas, el hombre ha estado tratando de plantear soluciones para estos problemas.

Estudios (2) demuestran que de las 89 mil millones de hectáreas de la tierra, solo el 30% se puede utilizar hoy para cultivar y de este 30% solo el 10%, de la tierra se utiliza adecuadamente.

Esto por una parte simplifica el problema, es decir, si hay donde cultivar todavía nuestros alimentos, lo que significa que debemos de buscar como utilizar estos terrenos para cultivarlos adecuadamente.

Así en los últimos años, se ha dividido el problema en dos grandes bloques; el primero es como optimizar la producción de los suelos cultivables y en este campo se ha avanzado mucho con técnicas como son desarrollos genéticos para que las especies que se cultivan den mayor cantidad de frutos y también en el desarrollo de fertilizantes foliares, con los cuales se pretende complementar los nutrientes que el suelo ha ido perdiendo a través de los años por los cultivos intensivos. (1) (3)

En el segundo bloque tenemos un problema un poco mayor y es como lograr cultivar en una tierra o en un clima poco favorable para la producción agrícola. En este campo también el hombre parece haber encontrado algunas soluciones; el cultivo en invernaderos, o las técnicas de irrigación por goteo cuando el problema ha sido falta de agua, o el cultivo hidropónico cuando el problema ha sido en sí el suelo. Este último se contempla como una solución a un problema mundial que día a día se agrava. (3)

Por otra parte durante años el hombre ha aprendido a través de su experiencia que el suelo que presenta una mayor cantidad de materia orgánica en descomposición es más rico que un campo que no la presenta, y así durante siglos se ha usado excremento de animales, (abono), como un fertilizante para la tierra. aquí en México, se usa la quema de cultivos para regresar parte de los nutrientes al suelo, y usamos tierra "negra con hoja", para sembrar en nuestros jardines. (3)



Estudiando esto, ultimamente ha surgido una nueva idea, el uso de ácidos húmicos(4); materiales que se producen durante la descomposición de la materia orgánica y que bien pueden cumplir con las ventajas que aportaban los elementos orgánicos en descomposición al suelo, sin sus desventajas.

Es decir, los ácidos húmicos aportan a los cultivos una serie de elementos así como una serie de ventajas al suelo o al agua de riego que en forma natural son suministrados por la materia orgánica en descomposición, sin que en este proceso se tengan que tener una serie de desventajas como parásitos o infecciones. (3)

El presente trabajo propone un sistema hidropónico con el uso de ácidos húmicos como un medio ideal para el desarrollo de vegetales, logrando así una mayor producción de flores o frutos con las ventajas que esto ofrece.

## CAPITULO 2 "CULTIVOS HIDROPONICOS".

### 2.1 INTRODUCCION E HISTORIA.

El término hidroponía deriva de los vocablos griegos "hydro" que significa agua y "ponos" que es equivalente a trabajo o actividad. Literalmente se traduce como "trabajo del agua" o "actividad del agua".

La hidroponía (5) se puede definir como un sistema de producción agrícola en el que las raíces de las plantas se riegan con una mezcla de elementos nutritivos esenciales, disueltos en agua, y en donde el suelo es un material inerte o simplemente la misma solución.

Las partes que componen a un sistema hidropónico son:

- Solución nutritiva.
- Tinajas o macetas.
- Sustrato.
- Sistema de riego.
- Drenaje.
- Sistema de aireación.

Los primeros experimentos sobre hidroponía se remontan a 1600, cuando Jan Van Helmont, creyó probar que las plantas obtenían sus nutrientes del agua, en su experimento colocó una planta de sauce con un peso de dos kilogramos en un suelo cuyo peso era de aproximadamente 80 kilogramos, estos fueron cubiertos de tal manera que el polvo no pudiera penetrar y solamente regó

la planta con agua de lluvia, al finalizar el experimento la planta había aumentado en 5 años 60 kilogramos de peso, mientras que el suelo solo había perdido setenta gramos de su peso, lo cual consiueró insignificante.

Después de esto fué hasta 1804 y 1854 cuando De Sausure y Boussingault respectivamente, mostraron que las plantas contienen en sus estructuras basicamente oxígeno, carbono e hidrógeno, desarrollando cultivos en agua y arena.

En 1860 Jhon Sacks y Michel Knops mostraron que las plantas necesitaban para su desarrollo completo de sales que contuvieran nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y hierro.

En el año de 1929 Gericke desarrolló exitosamente un cultivo hidropónico práctico, logrando el desarrollo de vegetales como tomate y lechuga con el solo uso de la solución nutriente. Sin embargo, fué en la segunda guerra mundial cuando el Dr. Bentley logró dar fuerza a la idea de los cultivos hidropónicos, durante la guerra, tanto las tropas norteamericanas como las inglesas necesitaban de vegetales frescos los cuales eran costosos y difíciles de proveer, en estas condiciones el Dr. Bentley logró desarrollar en el desierto y en las pequeñas islas japonesas cultivos por medios hidropónicos para dar de comer a los soldados ahí establecidos, por esto es conocido el Dr. Bentley como el padre de la hidroponia.

Actualmente se desarrollan cultivos hidropónicos en los cinco continentes con diversos resultados, siendo Japón e Israel los países que mayor provecho han sacado de este tipo de cultivos.

## 2.2 CARACTERISTICAS DE LA SOLUCION NUTRITIVA.

La solución nutritiva se define como el conjunto de elementos requeridos por la planta, disueltos en agua. Actualmente se sabe que quince elementos le son indispensables a los vegetales para lograr su desarrollo óptimo; estos se dividen por la cantidad que necesita la planta en (6):

### Constituyentes principales:

- Carbono
- Oxígeno
- Hidrógeno.

### Macronutrientes:

- Nitrógeno
- Potasio
- Fósforo.

### Nutrientes secundarios:

- Calcio
- Magnesio
- Azufre.

#### Micronutrientes:

- Manganeso
- Fierro
- Cinc
- Cobre
- Boro
- Molibdeno
- Cloro
- Cobalto.

La solución además de las sales disueltas debe presentar una presión osmótica de entre 0.5 y 2.0 atmósferas y de un pH de entre 5.0 y 7.0, dependiendo del vegetal, para lograr así un desarrollo óptimo en la planta. (7) (8)

Para lograr esto ya existen tablas con los valores de máximo, mínimo y óptimo de concentraciones de cada elemento en la solución.

La siguiente tabla fue elaborada por el Dr. S. Douglas (9) en 1976 y actualmente se toma como base para la elaboración de las soluciones nutritivas

**TABLA 1. RANGOS MINIMO, OPTIMO Y MAXIMO DE LOS ELEMENTOS PRESENTES EN UNA SOLUCION NUTRITIVA PARA HIDROPONIA.**

ELEMENTO	MINIMO (ppm)	OPTIMO (ppm)	MAXIMO (ppm)
Nitrógeno	150	600	1000
Calcio	300	400	500
Magnesio	50	75	100
Fósforo	50	80	100
Potasio	100	250	400
Azufre	100	400	1000
Cobre	0.1	0.5	5
Boro	0.5	1	5
Hierro	2	5	10
Manganeso	0.5	2	5
Molibdeno	0.001	0.001	0.002
Cinc	0.5	0.5	3

Para lograr estos rangos se pueden utilizar diferentes sales, de tal manera que al final se logran las concentraciones deseadas de cada elemento.

## 2.3 ACCION DE LOS NUTRIENTES EN LOS VEGETALES.

Todos los elementos que forman una solución nutritiva hidropónica son indispensables para el buen desarrollo del vegetal que se desea cultivar, por lo que la carencia de alguno de ellos se reflejará durante alguna etapa del crecimiento de la planta; a continuación se analiza la función de cada elemento, así como las consecuencias que traería tanto un exceso como una deficiencia del elemento. (6,10,11)

### 2.3.1 NITROGENO.

- Características: El nitrógeno forma parte esencial de las moléculas de proteínas, Ácidos nucleicos y clorofila principalmente. En términos generales se puede decir que el 2% del peso seco de las plantas es nitrógeno. En condiciones adecuadas favorece el crecimiento lozano del follaje y contribuye al buen desarrollo de la parte aérea de la planta. (8,12,13,14)

- Deficiencia: En general causa un mal desarrollo, con plantas de menor altura. Las hojas se van decolorando hacia un verde amarillento, estas se ven pequeñas y raquíticas. Los tallos se vuelven quebradizos y se endurecen. Las flores y los frutos por lo general presentan una coloración demasiado intensa. (10,13,14)

- **Exceso:** Se presenta en este caso un crecimiento excesivo con poca diferenciación, las plantas se ven muy frondosas con hojas exageradamente grandes, de color verde oscuro y tallos exageradamente largos. El exceso de nitrógeno, se puede deber en algunas ocasiones a la carencia de fósforo o potasio. (10,13,14)

### 2.3.2 FOSFORO.

- **Características:** La materia seca de las plantas contiene aproximadamente el 0.5% de fósforo, siendo mas abundante en las semillas, frutas y tejidos meristemáticos. Esta presente en los ácidos nucleicos y juega un papel preponderante en la transferencia de energía química (ATP); es también constituyente de diversas proteínas del protoplasma. Ejerce un efecto amortiguador sobre la acidez del jugo celular; existen más de 50000 compuestos organofosforados en el vegetal. (8,12,13,14)

- **Deficiencia:** Las plantas tienden a ser pequeñas, de consistencia lechosa, inicialmente las hojas se enrojecen en los márgenes para después tomar un color verde azulado, mientras que el envés de las hojas y los tallos muestran coloraciones rojizas. La resistencia de las plantas contra las enfermedades se ve disminuida. (10,13,14)

- **Exceso:** Los síntomas no se presentan en forma repentina. En primera instancia se observa un crecimiento vigoroso, una coloración verde muy oscura en las hojas, sin



embargo el exceso de fósforo provoca a largo plazo deficiencia de otros elementos como hierro, manganeso, cobre y cinc. (10,13,14)

### 2.3.3 POTASIO.

- Características: El potasio no se encuentra formando parte de las moléculas orgánicas por lo que se piensa que funciona como un agente catalizador. Es sumamente móvil. En ausencia de una cantidad adecuada de este elemento se frena la formación de carbohidratos, además este elemento participa como base para la neutralización de los ácidos orgánicos. (8,12,13,14)

- Deficiencia: La carencia de potasio siempre que no sea extrema, es muy difícil de reconocer en las plantas jóvenes. Los primeros síntomas visibles son el amarillamiento y luego el quemado de los márgenes de las hojas. Además la planta se vuelve muy susceptible al ataque de los hongos. (10,13,14)

- Exceso: Al principio se notan hojas de color verde pálido; más tarde se frena el crecimiento y aparecen manchas café en las hojas. Los efectos tóxicos del potasio se pueden aminorar un poco añadiendo más calcio en la solución. (10,13,14)

### 2.3.4 CALCIO.

- Características: Es un componente esencial para la formación de la laminilla media de la pared celular. Tiene también una marcada influencia en la síntesis de proteínas. Se

le considera como un elemento no móvil dentro de la planta, el calcio reduce y neutraliza el efecto tóxico de ciertas sales. (8)

- Deficiencia: Generalmente el pH es mas bajo, menos de 5, en la solución. El crecimiento es débil, seguido de follaje oscuro. En las hojas jóvenes se produce un amarillamiento a partir de los bordes y posteriormente una necrosis. La raíz presenta un mal desarrollo ya que sus puntos de crecimiento mueren muy rápido, las paredes celulares son débiles. (10,14)

- Exceso: El calcio generalmente no produce efectos tóxicos directos, pero causa una disminución en la absorción de hierro, magnesio, boro y cinc, por lo que los síntomas son generalmente como deficiencia de alguno de ellos. (10,14)

#### 2.3.5 MAGNESIO.

- Características: Es un elemento móvil, constituyente esencial de la clorofila. Actúa como transportador del fósforo dentro de la planta; este elemento es abundante en hojas y semillas. (8,12,13,14)

- Deficiencia: En las hojas verdes se nota un moteamiento amarillo entre las nervaduras. Posteriormente, el moteado se va extendiendo a las hojas más jóvenes. (10,13,14)

- Exceso: El síntoma más evidente es el menor desarrollo y rendimiento en las flores. También se aprecia un color verde oscuro en las hojas y un menor tamaño en las mismas, en ocasiones tiene lugar un enrollamiento del envés hacia el haz. (10,13,14)

#### 2.3.6 AZUFRE.

- Características: Este se encuentra bien distribuido dentro de la planta, predominando en las hojas, se le considera un elemento no móvil. Funciona como material de construcción de varias proteínas, ya que es un constituyente de aminoácidos. Favorece el buen crecimiento radicular y un mejor suministro de clorofila. (8,12,13,14)

- Deficiencia: Se manifiesta primero en la parte superior de la planta; inicialmente las nervaduras de las hojas nuevas se tornan amarillas. El sistema radicular se ramifica profusamente. (10,13,14)

- Exceso: Es extraño, y no se conocen perfectamente los síntomas que presenta. (10)

#### 2.3.7 HIERRO.

- Características: Es esencial en el proceso de formación de clorofila, por lo que una carencia fuerte de este elemento inhibe prácticamente el crecimiento. Se considera además que

actúa como transportador de oxígeno en los procesos REDOX, la disponibilidad de fierro para la planta depende en gran parte del pH de la solución. (8,12,13,14)

- Deficiencia: El primer síntoma que se presenta es el amarillamiento de las hojas jóvenes, pasando después a un tono blanquizco. El crecimiento se retrasa o se detiene por completo. Las raíces son por lo general más cortas y muy ramificadas. Las flores que se forman son casi siempre pequeñas y pálidas. (10,13,14)

- Exceso: Es raro observarlo. Se puede dar con soluciones cuyo pH es menor de 5, el exceso produce una deficiencia de calcio, fósforo o cobre. (10,13,14)

#### 2.3.8 MANGANESD.

- Características: Todas las plantas tienen cierta cantidad de manganeso, que depende del clima y las condiciones del cultivo. Es esencial para regular la acción de varias enzimas oxidantes y existen evidencias de que es importante en el proceso respiratorio. Se sabe que cataliza la asimilación del nitrógeno de los nitratos. (8,12)

- Deficiencia: Aparecen primero en las hojas jóvenes, presentandose en las nervaduras una ancha orilla verde sobre un fondo verde pálido. Las hojas tienden a enrollarse en los márgenes hacia el envés. (10,13)

- Exceso: Es difícil que se de, debido a que el manganeso desaparece muy rápido en las soluciones. El exceso da lugar a una deficiencia de hierro con sus síntomas característicos. (10,13)

### 2.3.9 BORO.

- Características: Se considera que favorece la absorción de cationes pero retrasa la de los aniones. Juega un papel importante en el metabolismo del nitrógeno y de los carbohidratos. Se piensa que la disminución de boro provoca problemas en la oxidación de los azúcares. (8,14)

- Deficiencia: Esto causa la muerte de los extremos vegetativos de crecimiento; el engrosamiento de las hojas y que a su vez presentan manchas caféas, las hojas tienden a enrollarse hacia el haz. (10,14)

- Exceso: Causa un amarillamiento en las hojas, así como fuertes quemaduras en los márgenes y entre las nervaduras de las hojas. Este problema es fácil confundirlo con la deficiencia de potasio. (10,14)

### 2.3.10 COBRE.

- Características: Es ampliamente distribuido en las plantas superiores. La mayor abundancia de cobre tiene lugar en las células meristemáticas. Funciona como un catalizador en

varias oxidaciones vitales y parece ser que junto con el cinc forman un par mutualista de catalizadores de reacciones REDOX. Interviene como un centro en la formación de clorofila. (8,12)

- Deficiencia: En primer lugar se nota una coloración amarillo pálido en el borde de las hojas, las cuales después se notan angostas y retorcidas; el resto de la hoja se ve azulada. El crecimiento se detiene, al mismo tiempo que se forman diversos brotes enfermizos y débiles. (10)

- Exceso: El cobre puede ser tóxico solamente en altas concentraciones, aunque generalmente lo único que produce es una deficiencia de hierro, y un oscurecimiento en las raíces. (10)

### 2.3.11 CINC.

+ Características: Esta relacionado con el metabolismo del azufre. Parece ser que juega un papel en el mantenimiento de la cantidad adecuada de enzimas. El cinc también actúa como catalizador de diversas reacciones REDOX. (8,13,14)

- Deficiencia: La deficiencia de este elemento es muy difícil de encontrar en hidroponia, debido a que el agua generalmente viene de tuberías galvanizadas, y se encuentra como impureza en muchas de las sales. Su carencia detiene el crecimiento, las hojas fusiformes normalmente pequeñas y retorcidas en el extremo de los tallos. (10,13,14)

- Exceso: Se manifiesta a través de una clorosis de las hojas jóvenes que acaban en un completo amarillamiento. Las hojas viejas presentan las nervaduras en un tono rojo o negro. (10)

## 2.4 TECNICAS DE CULTIVO EN HIDROPONIA.

Actualmente se han desarrollado una serie de técnicas de cultivo en hidroponia las cuales se usan clásicamente desde 1945, estas se clasifican básicamente por el sustrato que usan y de acuerdo a este sustrato se clasifican por el tipo de riego y drenaje que utilizan; dentro de estas técnicas tenemos sistemas utilizados únicamente en las casas o a nivel experimental; así como sistemas a mediana y gran escala. A continuación se presenta un esbozo de estos sistemas comentando sus ventajas y desventajas. (6,11,15)

### 2.4.1 CULTIVO EN SOLUCION NUTRITIVA.

- Características generales: El cultivo en solución nutritiva es el sistema más viejo usado en hidroponia; involucra el crecimiento de los vegetales sumergiendo sus raíces en una solución acuosa con los nutrientes. En este caso el recipiente que contiene la solución debe estar acondicionado con un sistema de soporte para mantener erectas a las plantas mientras las raíces están sumergidas en la solución. (11,16,17,18)

- Problemas técnicos:

A) Características nutricionales: Es un sistema esencialmente carente de capacidad de amortiguamiento en el pH, por lo que se requiere tener un control muy preciso del mismo para evitar deterioros en las raíces de las plantas. (16,17)

B) Oscuridad para la solución nutritiva: La solución es un medio ideal para el desarrollo de algas verdes, las cuales pueden competir con el cultivo por los nutrientes y el oxígeno, esto hace necesario mantener la solución nutritiva en la oscuridad. (16,17)

C) Aireación: El éxito que se obtenga con este método de cultivo depende en gran parte del suministro adecuado del oxígeno para las raíces de la planta a través de la solución nutritiva. Las técnicas más comunes para solucionar este problema son por medio de una bomba forzando a que se formen burbujas de aire en la solución, y el dejar la parte de arriba de las raíces expuestas al aire, mientras que la de abajo esta sumergida en la solución nutritiva. Se ha demostrado que el transporte de nutrientes requiere de oxígeno (16,17)

D) Circulación de la solución nutritiva: Es una práctica muy comunmente recomendada, pues favorece tanto a la distribución homogénea de los nutrientes como a la aireación, para realizar esta operación generalmente se coloca una bomba hidráulica en el sistema, es importante considerar la velocidad de flujo para evitar dañar las raíces de los vegetales. (16,17)



E) Soporte para las plantas: Las plantas para su crecimiento requieren de un punto de apoyo, siendo que la solución nutritiva no se los puede dar, se requiere de un soporte externo como tela de alambre, corcho o plástico logrando así que la planta crezca en forma vertical. (16,18)

- Manejo de la solución nutritiva: Normalmente se agrega un concentrado de la solución nutritiva al medio una vez por semana, con el fin de restablecer los nutrientes faltantes así como el agua absorbida o evaporada, además de lograr así una regulación más o menos adecuada de la acidez de la solución. (16)

#### 2.4.2 CULTIVO EN AGREGADO:

- Características generales: Este sistema comprende todos aquellos métodos en los que las plantas crecen en un sustrato con propiedades de retención de humedad. Este es un sistema simple en donde las raíces se desarrollan y crecen en un medio inerte. (15,19)

- Problemas técnicos:

A) Acidez de la solución: Este problema queda prácticamente resuelto por la acción amortiguadora del agregado, aunque se logran mejores resultados si la solución tiene la acidez adecuada. (15,19)

B) Selección del agregado: La selección casi siempre queda supeditada a los costos de obtención, así como la facilidad que exista para obtenerlo. Los agregados mas comunes son: arena, perlite, vermiculita y aserrín. (20)

C) Aireación: El problema queda resuelto mientras las partículas del agregado no sean muy finas, partículas que en promedio sean mayores a los 0.2 mm de diámetro no darán problemas, si al mismo tiempo los periodos de irrigación no son muy frecuentes. (20)

D) Lavado: Es necesario lavar el agregado periodicamente con agua, para prevenir la acumulación excesiva de sales en el mismo, así como en la base del tallo de la planta, esto se puede realizar una vez cada 15 días con magnificos resultados. (15,20)

- Manejo de la solución:

A) Irrigación superficial: Se denomina así al método en donde se aplica la solución nutritiva directamente a la superficie del agregado, en estos casos la solución nutritiva no se recupera y en general es un sistema que disminuye los costos de instalación pero aumenta los de operación. Además un problema con este método se centra en saber que cantidad de solución es necesaria; para resolver esto la única forma es la experiencia, aunque se sabe que casi todos los cultivos en condiciones

normales requieren de 5 litros de solución por día por metro cuadrado de cultivo. (19,20)

B) Irrigación por goteo: Este sistema ha tenido grandes resultados a escala comercial y puede ser muy favorable para el cultivo hidropónico. Sin embargo también presenta el problema de la recuperación de la solución y el ritmo de las gotas.

El Dr. J. Shinto (6) ideó un método en donde el ritmo de goteo empieza con 0.5 lt. de solución por día por metro cuadrado de cultivo y poco a poco se va incrementando hasta 4 lts, mediante la colocación de un drenaje en el fondo; así cuando empieza a salir la solución por el drenaje el sistema de goteo se detiene y vuelve a funcionar cuando deje de salir solución empezando de nuevo con 0.5 lt de solución. El método presente soluciona los dos inconvenientes antes mencionados, además de lograr un importante ahorro de agua, siendo el único problema, el alto costo de inversión en el equipo inicial. (18,20)

C) Fertilización en seco: En este sistema se agregan los materiales sólidos al agregado y únicamente se riega con agua de 10 a 20 litros por día por metro cuadrado de cultivo, la mezcla de sales se aplica cada 10 días aproximadamente; este método es el más simple, sin embargo desperdicia solución y agua, además de ser el menos eficiente en producción vegetal (15,19)

### 2.4.3 CULTIVOS EN GRAVA.

- **Características generales:** Se puede definir como el sistema en donde las plantas crecen en un sustrato, generalmente no absorbente y cuyas partículas tienen un tamaño de 2 mm a 2 cm de diámetro. Este sistema a quedado practicamente solo para el uso en cultivos a gran escala y con recirculación de la solución nutritiva. (21,22)

#### - **Problemas técnicos:**

A) **Acidez de la solución:** Sin llegar a presentar los inconvenientes del cultivo en solución, si presenta serios problemas ya que la grava no juega un papel de amortiguamiento, por lo que es conveniente checar el pH de la solución al menos una vez por semana. (21)

B) **Selección de la grava:** La grava debe de tener una serie de características generales que se mencionan a continuación y que deben de tomarse en cuenta al realizar una selección; estas son:

- No tener materiales tóxicos.
- Presentar el medio un excelente drenaje.
- Poseer una buena relación de humedad.
- Proporcionar la aireación adecuada.
- No tener aristas cortantes.
- Proporcionar un excelente medio de soporte.

Los materiales que con mayor frecuencia se usan son: basalto, granito, tezontle, piedra pómez, sedazos de carbón o ladrillo, así como poliuretano y urea formaldehído. (21,22)

C) Frecuencia de irrigación: Normalmente con una irrigación al día por 2 hrs, es suficiente, aunque en plantas con mucho follaje se realiza dos veces al día con excelentes resultados, después de las 2 hrs la solución se drena dejando que las raíces puedan obtener oxígeno. (21,22)

- Manejo de la solución:

A) Alimentación directa: En este método la solución se almacena en un depósito subterráneo y es forzada por una bomba a subir a las tinas hasta alcanzar un nivel en estas, una vez alcanzado este se desconecta la bomba dejando la solución por 2 hrs. después de las cuales la solución se drena por gravedad al tanque subterráneo. (21,23)

B) Alimentación por gravedad: En este caso el depósito se encuentra a una altura superior al de las tinas y está unido a éstas por una tubería; se abre la válvula de irrigación la cual permite que la solución baje por gravedad. La solución es recolectada al final y recirculada por medio de una bomba; el sistema se activa por 2 hrs. al día y después se desactiva dejando que las raíces estén en contacto con el aire. (22)

### 3.- LOS ACIDOS HUMICOS.

#### 3.1 INTRODUCCION E HISTORIA.

Los ácidos húmicos son en general la parte soluble de la degradación de plantas y animales, por lo que tienen una estructura química compleja que se verá afectada por los factores tanto bióticos como abióticos del medio en que se producen.

Durante años se pensó que estas sustancias no tenían ninguna función básica e indispensable para las plantas a excepción de proveer a la planta de elementos nutricionales que se encuentran en su estructura, es decir, carbono, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno y azufre. Este principio usado como base en la hidropnía clásica ha ido perdiendo fuerza gracias a los estudios realizados en las décadas de los setentas y ochentas por científicos como Schnitzer (23) o Savoini (24), que encontraron que estas sustancias, ofrecen una serie de cualidades y propiedades que son de utilidad tanto en la alimentación de la planta como en fenómenos de transporte dentro de la misma.

El estudio de las sustancias orgánicas del suelo, que se encuentran en estado de descomposición empezó en 1804, cuando De Saussure encontró en el suelo complejos que al fraccionarse daban sustancias orgánicas iguales y a éstas, él las llamó sustancias húmicas.

De 1809 a 1812, Von Thaer distinguió entre los ácidos húmicos que se formaban por la descomposición de restos orgánicos en condiciones aeróbicas y el humus que se formaba por la misma descomposición pero en condiciones anaeróbicas.

Von Liebig, 1841, describió al humus como una substancia café, fácilmente soluble en agua en un medio alcalino, pero no en medio ácido, que se produce durante la descomposición de la materia orgánica por la acción de microorganismos.

En 1920 Bottomley y Mockeridge agregaron pequeñas cantidades de substancias orgánicas extraídas del humus a un cultivo de Lemma mayor, observando un mayor crecimiento de la planta a comparación de otra a la cual no se le agregaron, y cuatro años después Clark observó el efecto de este extracto sobre semillas en germinación, notando que esta se aceleraba.

Waksman en 1938 (25) definió al humus como un agregado de color oscuro amorfo, que es originado durante la descomposición de los residuos animales y vegetales en diversas condiciones y que presenta "acciones benéficas en el cultivo de la mayoría de los vegetales".

Así pues un nuevo concepto se ha venido manejando en los últimos años y es el uso de substancias orgánica, ácidos húmicos, dentro de la agricultura de suelo y se puede considerar su uso en hidroponia.

Es importante recalcar que aunque estas sustancias presentan en si una composición variada, que es el resultado de la acción de bacterias, temperatura, presión y de las sales del suelo; se puede identificar en todas ellas una estructura general que es independiente de todos estos factores y es a la vez, lo que llamaremos ácidos húmicos.

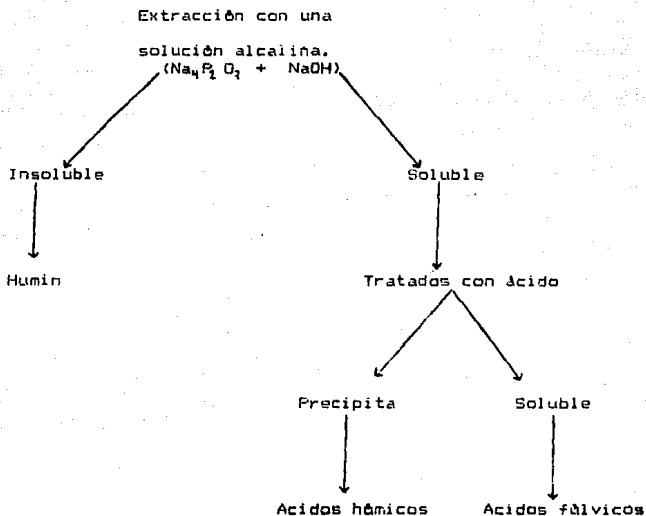
### 3.2 CLASIFICACION DE LAS SUBSTANCIAS HUMICAS.

Los ácidos húmicos, mal llamados así, ya que estos solo representan una pequeña parte de las sustancias que en general se entienden por este nombre, son la parte soluble del humus en medio alcalino,  $\text{pH}=9$ , y que a su vez reprecipitan al colocarse en un medio ácido. Sin embargo en general se denomina ácidos húmicos a aquellas sustancias del humus que son solubles en el medio básico sin tomar en cuenta si reprecipitan o no en medio ácido. (25)

Una vez hecha la aclaración, se puede pasar a establecer la actual clasificación de las sustancias húmicas de acuerdo al siguiente cuadro.



## Humus



Si consideramos que todas estas sustancias tienen en principio una estructura semejante y que varían en el peso molecular, se podrían considerar como cadenas poliméricas que cambian sus propiedades de acuerdo al número de monómeros que existan en la cadena, así sus propiedades quedan definidas en la siguiente tabla:

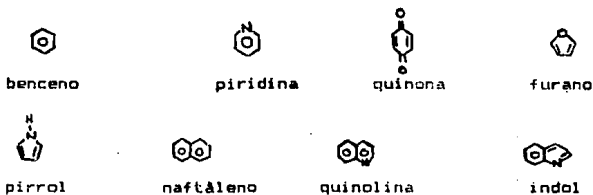
	Ac. Fúlvicos Fulvatos	Ac. Húmicos Humatos	Humin
Polimerización	Baja	Media	Alta
Color	Naranja	Café	Negro
% de carbono	45	50	60
% de nitrógeno	0.5 - 2.0	3.0 - 8.0	-----
Acidez	Alta	Media	Neutro
Absorción de iones en agua	Moderada	Alta	Moderada
Movilidad	Alta	Media	Baja
Origen	Biológico	Biológico	Interacción entre fulvatos y humatos.
Formación natural	Suelos poco aci- dos y con poca acción biológica	Suelos neutros con alto conte- do de sólidos orgánicos.	En todos los suelos.

### 3.3 ESTRUCTURA QUIMICA.

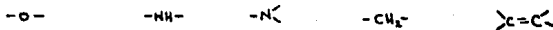
La estructura química de las sustancias húmicas ha sido motivo de diversos estudios, sin que por esto se haya podido encontrar una estructura definida.

En 1984 Schroeder (26), presentó la teoría de que las sustancias húmicas eran cadenas formadas por ocho núcleos diversos, cinco tipos de encadenamientos y 5 tipos de terminaciones.

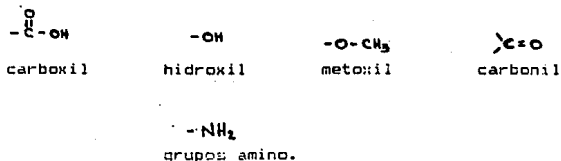
Los ocho núcleos son:



Los encadenamientos son:



Y las terminaciones son:



Schroeder propone que los ácidos húmicos son el resultado de las uniones aleatorias de estos grupos.

Dos años después en 1986, el Dr. M. Schnitzer (23), investigador del instituto de agricultura de Ottawa, Canada, ofreció un estudio de la estructura química de los ácidos húmicos basados en los resultados obtenidos en espectros de resonancia magnética nuclear.

Sus estudios dieron los siguientes resultados:

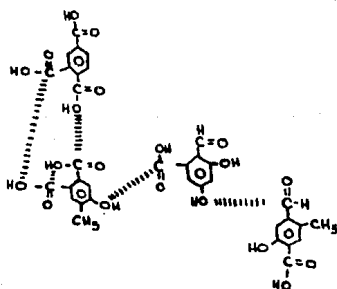
Elemento	%
Carbono	56.4
Hidrógeno	5.5
Nitrógeno	4.1
Azufre	1.1
Oxígeno	33.9

Grupo funcional	meq/g.
COOH	4.5
OH fenólico	2.1
OH alcoholico	2.8
C=O quinónico	2.5
C=O cetónico	1.9
O-CH	0.3

Complementando el estudio, realizó experimentos con carbonos radioactivos dando que la distribución de carbonos era:

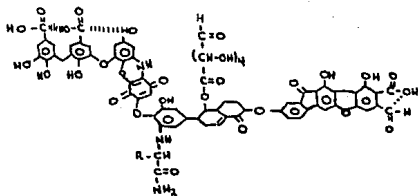
Tipo de carbón	ppm.
Alifático	10-40
Protéico	40-60
Carbohidratos	60-105
Aromáticos	100-150
Fenólicos	150-160
Acidos	170-190
Cetónicos	210-230

Con todo este estudio él supone una estructura parcial de los ácidos húmicos, que sería:



Si nos fijamos, esta estructura, estaría basada en la estabilidad que le conferirían a la molécula los puentes de hidrógeno, olvidando así los encadenamientos propuestos por Schroeder.

Actualmente y gracias a la conjunción de ambas propuestas, Stevenson (4) logró proponer una fórmula más o menos consistente con las evidencias obtenidas hasta hoy, esta fórmula se transcribe a continuación:



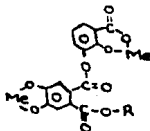
### 3.4 INTERACCIÓN DE LOS ÁCIDOS HÚMICOS CON LOS NUTRIENTES.

#### 3.4.1 REACCIÓN CON METALES.

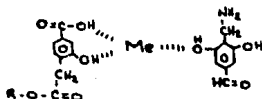
Una de las características más importantes de las sustancias húmicas, es la capacidad de interactuar con iones metálicos, óxidos e hidróxidos, incluyendo agentes contaminantes indeseables como el plomo y plaguicidas, así como cambiar los equilibrios de solubilidad de los cationes en el agua.

La acción de los ácidos húmicos con los metales se puede clasificar en tres tipos de efectos:

A) Reacción directa de los grupos ácidos o fenólicos con el metal formando humatos del metal.



B) Secuestrando al metal dentro de la molécula por medio de fuerzas de Van der Waals y coordinación.



C) Adsorbiendo y desorbiendo al mineral completo, deacuerdo a las características del medio, el mecanismo de la adsorción es desconocida.

### 3.4.2 EFECTO EN LA ASIMILACION DEL HIERRO.

Un ejemplo claro de las propiedades antes mencionadas, y probablemente la aplicación más importante de esta propiedad, se da en la asimilación del hierro, en suelos calcáreos en donde existen altas concentraciones de calcio en un pH alcalino. En estas condiciones el hierro precipita como hidróxido de hierro y el calcio queda en solución provocando en la planta un exceso de calcio y una deficiencia de hierro, la cual se manifiesta como clorosis en la planta.

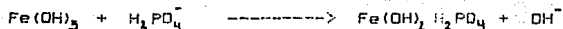
Experimentos con diversos quelantes como el EDTA, dieron resultados negativos, sin embargo en 1965 Sladky (27) agregó a un suelo de estas características una solución con 300 mg/lit de sustancias húmicas en lugar del agua de riego normal, notándose un incremento del 22 %, en la actividad fotosintética de la planta.

Ese mismo año Sumiski (28) reportó una aceleración en el crecimiento de tomate en suelo calcareo, debido a la adición de humato férrico al suelo, siendo hasta 1971 que Prakash (29) explicó el fenómeno como una quelatación de iones no selectiva, debida a los grupos ácidos, hidroxilos y nitrógeno en la molécula de los ácidos húmicos. El hierro queda envuelto en una molécula orgánica a la cual el calcio, o cualquier otro metal más reactivo que el hierro, no puede entrar para sustituirlo; complementando esta teoría, Vaughn y Ord (30) en 1981 proponen que la asimilación del hierro atrapado en los humatos, se logra por la depolimerización de la molécula húmica y así absorbe el ión de hierro junto con los monómeros de la molécula.

#### 3.4.3 INTERACCION CON EL FOSFORD.

Otra de las aplicaciones que han tenido las sustancias húmicas, y nos sirve para ejemplificar sus propiedades es mejorando la asimilación de fósforo por la planta; los fosfatos ácidos en presencia de hierro, precipitan de acuerdo a la siguiente reacción:

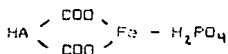




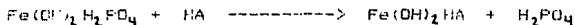
Tanto el fósforo como el hierro, como ya se ha mencionado, son indispensables para el crecimiento de la planta, sin embargo juntos provocan un precipitado no asimilable para la misma. Durante años en medios donde era necesario colocar ambos elementos se colocaba un agente quelante, en particular EDTA, implicando esto un gasto extra, además de una eficiencia dudosa.

En 1965, Sequi (31) propuso obtener un fosfohumato de hierro, que permitiera a la planta asimilar tanto el hierro, como el fósforo sin problemas.

La estructura de este fosfohumato es:



Actualmente los fosfohumatos se empiezan a utilizar observándose muy buenos resultados en el suelo, lo cual da interesantes perspectivas para su uso en hidroponía. Estos compuestos se obtienen industrialmente en los Estados Unidos y su comercialización ha sido muy pequeña. Sin embargo se ha probado que presentan una mayor estabilidad que el superfosfato, siendo que la reacción natural con el precipitado de hierro y fósforo con el ácido húmico la siguiente:



Con lo cual tanto el fósforo como el hierro quedarían en solución.

### 3.5 EFECTOS NUTRICIONALES EN LA PLANTA.

Como se ha visto una de las principales funciones de los ácidos húmicos es, la de facilitar la entrada de los nutrientes a la planta, esto es, aparte de que en sí, los ácidos húmicos son nutrientes, permiten la rápida asimilación de diversos elementos por la planta.

Pruebas (32) de absorción por raíces han demostrado que la presencia de ácidos húmicos en soluciones nutritivas causan inicialmente una reducción en el transporte aniónico, el cual con el paso del tiempo (1-2 hrs) se va incrementando hasta ser compensado, convirtiéndose en un acelerador del transporte, esto se podría explicar, si se considera que las sustancias húmicas reaccionan primero con los aniones, para después facilitar su acceso.

Así mismo algunos estudios (33) han revelado que los ácidos húmicos efectúan un importante trabajo regulador en la absorción y distribución, dentro de la planta, de diversos cationes.

Esto como se explicó previamente se puede atribuir a que el ácido húmico quelata y/o reacciona con los cationes permitiendo que estos ingresen rápidamente a la planta.

La siguiente tabla ejemplifica los diferencias de absorción y distribución de diversos cationes dentro de la planta:

Elemento	Solución nutriente		Solución nutriente mas ácidos húmicos.	
	g/planta	[C]en hoja [C]en raíz	% de absorción 100% = Standar	[C]en hoja [C]en raíz
Potasio hoja	7783		95.4	
raiz	1521	5.12	99.1	4.93
Calcio hoja	388		198.7	
raiz	87	4.45	128.7	6.88
Magnesio hoja	231		152.8	
raiz	147	1.57	73.5	3.27
Manganeso hoja	15.6		301.3	
raiz	9.2	1.72	206.5	2.50
Hierro hoja	10.0		208.3	
raiz	20.2	0.49	74.6	1.36

Como se ve los elementos en general aceleran tanto su absorción en raíz como su asimilación e incorporación a la planta, lográndose con esto una reducción en el tiempo de crecimiento de la planta, y en posibles enfermedades por falta de nutrientes.

### 3.6 ASIMILACION DE LAS SUBSTANCIAS HUMICAS.

En 1974, Vaughan y Mac Donald (34) propusieron que el avance en la degradación de las materias orgánicas, provocaba el paso del ácido húmico, a ácido fúlvico, siendo estos los que eran absorbidos por la planta.

Estos estudios fueron corroborados al aparecer restos de ácidos fúlvicos en las células de las plantas, durante un estudio con *Aspergillus niger*.

La velocidad a la que desaparecen los ácidos fúlvicos y fulvatos es mucho mayor a la velocidad a la que desaparecen los ácidos húmicos, según publicó el Dr. Visser en 1982 (35), aunque en ese mismo estudio determinó que también los ácidos húmicos eran consumidos.

Con esto en 1986, el Dr. Dell' Aghola (36), presentó una teoría en donde explica que los ácidos fúlvicos entran rápidamente a la planta gracias a su bajo peso molecular y pequeño tamaño; mientras que para la absorción de los ácidos húmicos la planta requiere realizar uno de los siguientes dos procesos: En el primero acopla la gran molécula de acuerdo a su estructura y poco a poco la introduce para seguir el proceso metabólico. En el segundo proceso la planta produce la descomposición del ácido húmico a ácidos fúlvicos y una vez lograda esta depolimerización se absorben los ácidos fúlvicos.

Para apoyar este segundo proceso, el Dr. Miele (37), descubrió un incremento en el pH en la zona de las raíces de la planta cuando estas eran colocadas en una solución con ácidos húmicos. Esto se explica si regresamos a la supuesta estructura química de los ácidos húmicos, así al depolimerizarse, probablemente por la acción de enzimas soltadas por la misma planta, se obtendrían además de los ácidos fúlvicos, ácido cítrico, fumárico, malónico y succínico.

### 3.7 EFECTOS EN EL TRANSPORTE Y RESPIRACION.

Estudios (38) han demostrado que los ácidos húmicos aceleran el transporte de agua, por lo tanto, de nutrientes en general dentro de la planta, esto se logra al permitir a la planta retener una mayor cantidad del mismo líquido.

El Dr. Sladky (39), usó una solución de ácido húmico con 50 mg/lit, y notó que se lograba disminuir considerablemente el rango de pérdida de agua en la planta, esto según explica se debe a que los ácidos húmicos prolongan los procesos de plasmólisis en la célula vegetal, provocando así un aumento en la capacidad para la retención de agua.

Así mismo se ha comprobado que la respiración en la planta se incrementa proporcionalmente con la cantidad de ácidos húmicos en la solución, hasta estabilizarse en una concentración de 50 mg/lit, lo cual propicia a la vez una mayor entrada de

nutrientes por transporte activo en la raíz, y desemboca, para fines prácticos en un crecimiento acelerado de las plantas. Estas pruebas se realizaron también en condiciones en donde se limitaba el oxígeno al medio, siendo aún en estas condiciones los resultados positivos.

### 3.8 EFECTOS SOBRE EL METABOLISMO VEGETAL.

Como se sabe la mayor parte los procesos metabólicos en una planta se encuentran regidos por la acción de diversas enzimas, las cuales pueden ser activadas o desactivadas según la planta lo requiera.

Los ácidos húmicos y fúlvicos interaccionan con estas enzimas, atrapándolas con sus grupos carboxílicos o fenólicos inhibiendo así su acción en la planta, esto es sumamente útil como un control de velocidad metabólica de aprovechamiento.

Por otro lado se ha comprobado una interacción de los ácidos húmicos con auxinas, favoreciendo el crecimiento de las plantas, en 1982 Petrovic (33) reportó un efecto fisiológico similar usando una solución de ácidos fúlvicos a una concentración de 40 mg/lit y una solución de ácido giberélico a una concentración de 20 mg/lit. El ácido giberélico es un acelerador de crecimiento muy eficiente que se usa durante el proceso de germinación y desarrollo de la planta. Esto ha sido probado, varias veces después de este estudio, comprobándose que los ácidos húmicos aceleran el proceso

de germinación y crecimiento, sin causar demoras o alteraciones en la floración como ocurre con las citoquininas o el propio ácido giberélico; así mismo inhiben la acción de retardadores de crecimiento como lo son el ácido alfa indol acético o el ácido alfa indol butírico.

El mecanismo de acción de los ácidos húmicos para propiciar estos fenómenos es aún desconocido, pero se cree que interaccionan con las auxinas a nivel celular ayudando a estas en sus funciones catalíticas e inhibiendo como una capa protectora los residuos que desactivan a las auxinas en las plantas.

### 3.9 EFECTOS SOBRE EL DESARROLLO DE MICROORGANISMOS.

Durante muchos años las teorías sobre hidroponía indicaron que en el cultivo se debe de evitar el desarrollo de microorganismos; esto se basa en que no existe una forma segura de desarrollar microorganismos útiles a la planta sin desarrollar al mismo tiempo gérmenes patógenos a la misma.

Sin embargo, estas teorías han costado el desperdiciar a los microorganismos benéficos como pueden ser los microorganismos aminolíticos, proteolíticos y los nitrificadores, que ayudan a la planta en su desarrollo.

Los ácidos húmicos han probado su eficiencia al lograr el desarrollo de estos microorganismos en las soluciones y al

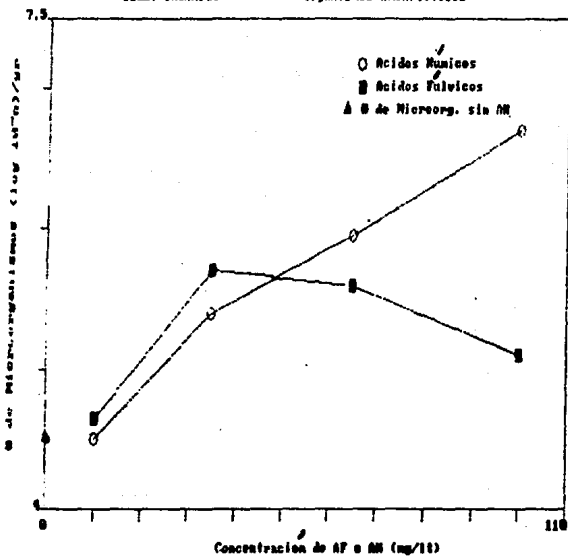
favorecer el crecimiento y multiplicación de estos microorganismos se reduce por competencia, el número de microorganismos nocivos a la planta, por lo que también en esta línea los ácidos húmicos ofrecen una nueva posibilidad en hidroponía.

A continuación se muestran unas gráficas, publicadas en 1985 por el Dr. Visser (40) en las cuales se puede ver el desarrollo de ciertos tipos de microorganismos después de 96 hrs, con diversas concentraciones de ácidos húmicos.



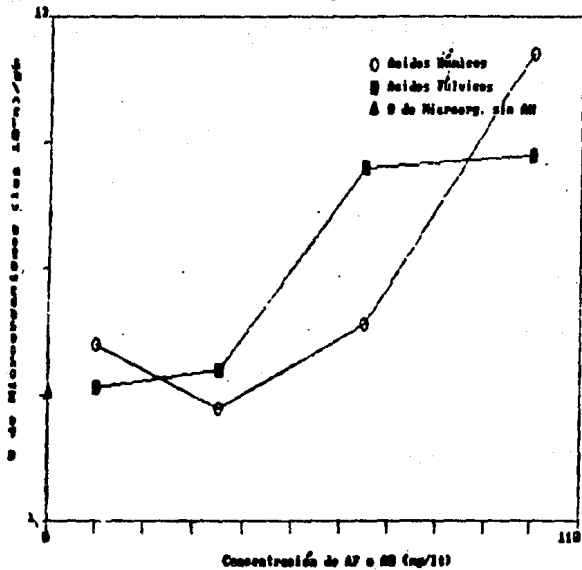
SUELO ORGANICO

Organismos Aminolíticos



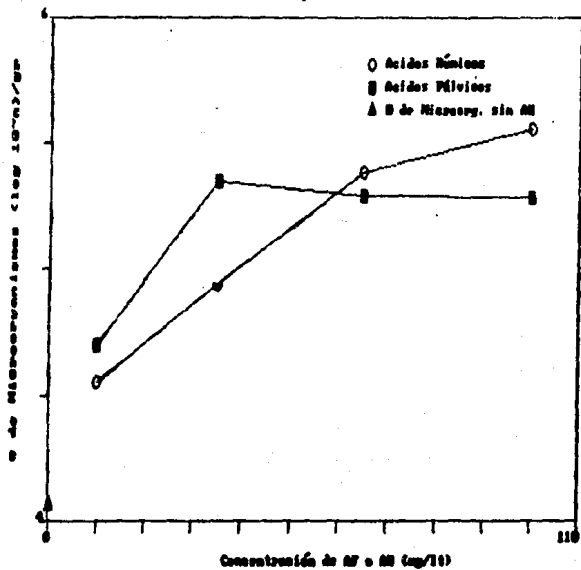
SUELO ORGANICO

Organismos Proteolíticos



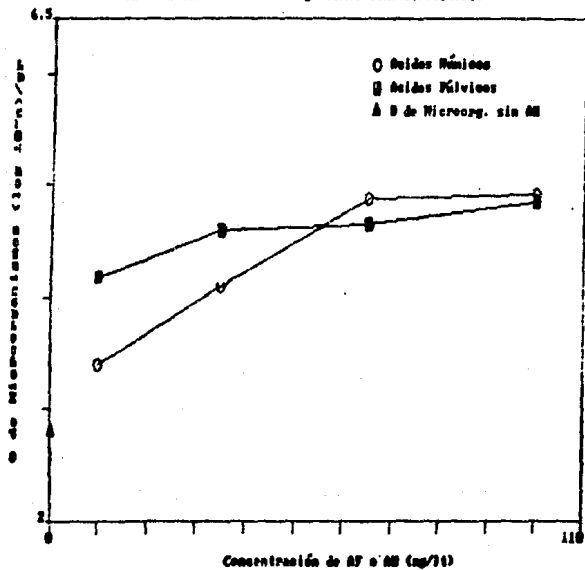
SHELO ORGANICO

Organismos Denitrificadores



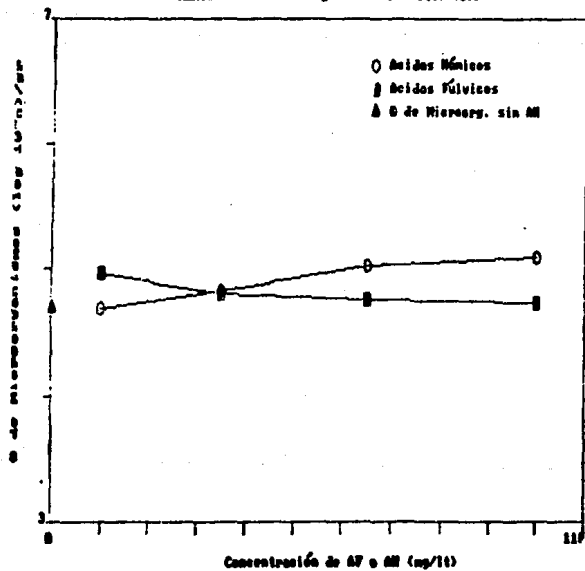
SUELO ARENOSO

Organismos Denitrificadores



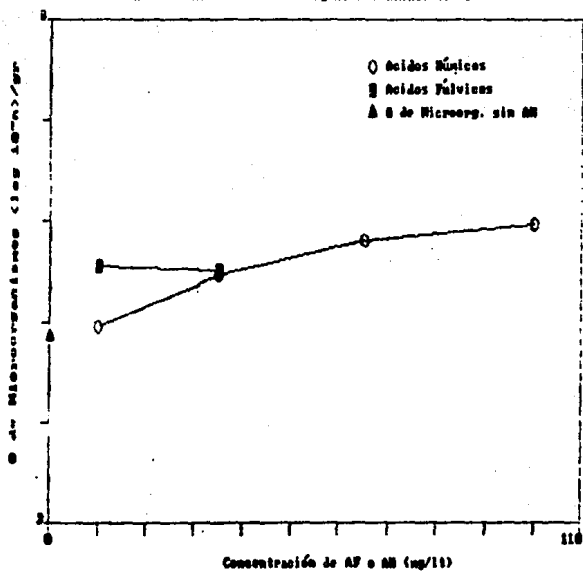
SUELO ARENOSO

Organismos Proteolíticos



SIELO ARENOSO

Organismos Aminolíticos



#### 4.- DESARROLLO DEL CULTIVO HIDROPONICO.

##### 4.1 SISTEMA HIDROPONICO PROPUESTO.

A continuación se describe el sistema hidropónico que se propone para utilizar en la producción a gran escala de vegetales.

##### 4.1.1 SOLUCION NUTRITIVA.

Se propone la siguiente fórmula general de la solución nutritiva.

- Sulfato de magnesio	820 g
- Nitrato de potasio	700 g
- Fosfato monoamónico	300 g
- Nitrato de calcio	2300 g
- Sulfato de amonio	500 g
- Sulfato de hierro III	20 g
- Óxido de manganeso II	5 g
- Borato de sodio	5 g
- Ácidos húmicos	50 g

Todo esto disuelto en 1000 lts de agua.

Con estos datos se calcula la concentración de cada elemento en la solución nutritiva, para comparar con los parámetros establecidos y antes mencionados.

- Nitrógeno:

Aportación del nitrato de potasio:

$$N1 = m \text{KNO}_3 \times \frac{\text{PM (N)}}{\text{PM (KNO}_3)}$$

$$N1 = (700 \text{ g.}) \times \frac{14.007}{101.109} = 96.97 \text{ g.}$$

Aportación del fosfato monoamónico:

$$N2 = m \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 \times \frac{\text{PM (N)}}{\text{PM (NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4)}$$

$$N2 = (300 \text{ g.}) \times \frac{14.007}{115.029} = 36.51 \text{ g.}$$

Aportación del nitrato de calcio:

$$N3 = m \text{Ca(NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O} \times \frac{2 \times \text{PM (N)}}{\text{PM (Ca(NO}_3)_2) \cdot 4\text{H}_2\text{O}}$$

$$N3 = (2300 \text{ g.}) \times \frac{28.017}{236.094} = 273.02 \text{ g.}$$

Aportación del sulfato de amonio:

$$N4 = m (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \frac{2 \times \text{PM (N)}}{\text{PM ((NH}_4)_2\text{SO}_4)}$$



$$N4 = (500 \text{ g.}) \times \frac{28.014}{132.142} = 106.0 \text{ g}$$

Masa total de nitrógeno:

$$Nt = N1 + N2 + N3 + N4$$

$$Nt = 96.97 + 36.51 + 273.02 + 106.0 = 512.52 \text{ g.}$$

Concentración de nitrógeno:

$$CN = \frac{Nt}{Vt} = \frac{512.52 \text{ g.}}{1000 \text{ lt.}} = 512.52 \text{ ppm.}$$

- Calcio:

Aportación del nitrato de calcio.

$$Ca = m \text{ Ca(NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O} \times \frac{PM(\text{Ca})}{PM(\text{Ca(NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O})}$$

$$Ca = (1800) \times \frac{40.08}{236.094} = 390.65 \text{ g.}$$

Concentración de calcio:

$$CCa = \frac{Ca}{Vt} = \frac{390.65 \text{ g.}}{1000 \text{ lt}} = 390.65 \text{ ppm.}$$

-- Magnesio

Aportación del sulfato de magnesio:

$$Mg = m \text{ Mg SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} \times \frac{\text{PM (Mg)}}{\text{PM (MgSO}_4\text{)} \cdot 7\text{H}_2\text{O}}$$

$$Mg = (820 \text{ g.}) \times \frac{(24.312)}{(247.376)} = 80.91 \text{ g.}$$

Concentración de magnesio:

$$CMg = \frac{\text{Mg}}{\text{Vt}} = \frac{80.91 \text{ g.}}{1000 \text{ lt.}} = 80.91 \text{ ppm.}$$

- Fósforo:

Aportación del fosfato monoamónico:

$$P = m \text{ NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 \times \frac{\text{PM (P)}}{\text{PM (NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4)}$$

$$P = (300 \text{ g.}) \times \frac{30.974}{115.029} = 80.78 \text{ g.}$$

Concentración de fósforo:

$$CP = \frac{P}{\text{Vt}} = \frac{80.78 \text{ g.}}{1000 \text{ lt.}} = 80.78 \text{ ppm.}$$

- Potasio.

Aportación del nitrato de potasio:

$$K = m \text{ KNO}_3 \times \frac{\text{PM (K)}}{\text{PM (KNO}_3)}$$

$$K = (700 \text{ g.}) \times \frac{39.102}{101.109} = 270.71 \text{ g.}$$

Concentración de potasio:

$$CK = \frac{K}{Vt} = \frac{270.71 \text{ g.}}{1000 \text{ lt.}} = 270.71 \text{ ppm.}$$

- Azufre:

Aportación del sulfato de magnesio:

$$S1 = m \text{ MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} \times \frac{\text{PM (S)}}{\text{PM (MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O)}}$$

$$S1 = (20 \text{ g.}) \times \frac{32.064}{246.376} = 106.72 \text{ g.}$$

Aportación del sulfato de amonio.

$$S2 = m \text{ (NH}_4\text{)}_2\text{SO}_4 \times \frac{\text{PM (S)}}{\text{PM ((NH}_4\text{)}_2\text{SO}_4)}$$

$$S2 = (500 \text{ g.}) \times \frac{32.064}{132.142} = 121.32 \text{ g.}$$

Aportación del sulfato de hierro III

$$S3 = m \text{ Fe}_2\text{(SO}_4\text{)}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O} \times \frac{3 \times \text{PM (S)}}{\text{PM (Fe}_2\text{(SO}_4\text{)}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O)}}$$

$$S3 = (25 \text{ g.}) \times \frac{32.064}{471.892} = 5.09 \text{ g.}$$

Azufre total:

$$St = S1 + S2 + S3$$

$$St = 106.55 + 121.32 + 5.09 = 233.12 \text{ g.}$$

Concentración de azufre:

$$CS = \frac{St}{Vt} = \frac{233.12 \text{ g.}}{1000 \text{ lt.}} = 233.68 \text{ ppm.}$$

- Hierro

Aportación del sulfato de hierro III

$$Fe = Fe_2(SO_4)_3 \cdot 4H_2O \times \frac{2 \times PM(Fe)}{PM(Fe_2(SO_4)_3 \cdot 4H_2O)}$$

$$Fe = (25 \text{ g.}) \times \frac{111.7}{399.892} = 5.92 \text{ g.}$$

Concentración de hierro:

$$CFe = \frac{Fe}{Vt} = \frac{5.92 \text{ g.}}{1000 \text{ lt.}} = 5.92 \text{ ppm.}$$

- Manganeso.

Aportación del óxido de manganeso II

$$Mn = m \text{ MnO} \times \frac{PM \text{ (Mn)}}{PM \text{ (MnO)}}$$

$$Mn = (5 \text{ g.}) \times \frac{54.94}{70.939} = 3.87 \text{ g.}$$

Concentración de manganeso:

$$CMn = \frac{Mn}{Vt} = \frac{3.87 \text{ g.}}{1000 \text{ lt.}} = 3.87 \text{ ppm.}$$

- Boro.

Adaptación del tetraborato de sodio:

$$B = n \text{ Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O} \times \frac{4 \times PM \text{ (B)}}{PM \text{ (Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O)}}$$

$$B = (5 \text{ g.}) \times \frac{43.24 \text{ g.}}{331.24 \text{ g.}} = 0.57 \text{ g.}$$

Concentración del Boro:

$$CB = \frac{B}{Vt} = \frac{0.57 \text{ g.}}{1000 \text{ lt.}} = 0.57 \text{ ppm.}$$

Con esto se compara contra los valores óptimos establecidos en el capítulo 2, quedando la tabla de esta manera:

ELEMENTO	VALOR OPTIMO (ppm)	VALOR OBTENIDO (ppm)
Nitrógeno	600	512.52
Calcio	400	390.62
Magnesio	75	80.91
Fósforo	80	60.78
Potasio	250	270.71
Azufre	400	233.12
Hierro	5	5.92
Manganeso	2	3.87
Boro	1	0.57

Es importante mencionar que esta solución no sería factible sin los ácidos húmicos, ya que algunos de sus componentes precipitarían, sin embargo, con la adición de estos elementos y aprovechando su acción quelante, es estable.

#### 4.1.2 TINAS DE CULTIVO.

Realmente este es el menor problema en un sistema hidropónico, cualquier recipiente impermeable al agua puede ser usado, siempre que resista la acción corrosiva del agua y que en su degradación no se produzcan sustancias tóxicas para la planta.

Se sugiere que las tinas, sean cajones de madera impermeabilizada con chapopote, gracias a lo económico y fácil de manejar, aunque si no se desea un cultivo muy grande, las tinas de plástico pueden ser una excelente solución.

Lo que sí es muy importante considerar es que por el sistema de manejo de solución que se propone posteriormente, es necesario que las tinas estén intercomunicadas entre ellas por la parte inferior.

#### 4.1.3 SUSTRATO.

Para la selección del sustrato hay que tomar en cuenta la facilidad para conseguirlo, en el centro de México, el tezontle, piedra volcánica de color rojo, es muy abundante y por lo tanto fácil de conseguir, por lo que se sugiere usar éste. Esto sería usar un cultivo en grava.

El tezontle es un material que no presenta aristas cortantes, su retención de humedad es bastante buena, pero no bloquea las posibilidades de un drenaje rápido. Al ser una piedra porosa soluciona los problemas de aireación en las raíces y es un material que es fácilmente lavable, después de lo cual se puede considerar como inerte.

Además se ha probado que el tezontle en presencia de ácidos fúngicos fomenta favorablemente el desarrollo de colonias de bacterias, lo cual como ya se mencionó es favorable para el desarrollo de los vegetales.

#### 4.1.4 MANEJO DE LA SOLUCION.

En cuanto al manejo de la solución se propone usar un sistema innovador que baje los costos de instalación y que no provoque problemas para su uso.

El almacenamiento de la solución se hará en un tanque que debe de estar abajo del nivel de las tinas, y que tenga la capacidad en volumen de una tercera parte del de grava utilizado en el total de las tinas. Esto es; si en total se utilizaron 30 metros cúbicos de piedra para llenar la tinas, el volumen mínimo requerido en el tanque sera de 10 metros cúbicos y esta cantidad de solución se deberá de preparar.

El sistema de riego y drenado es muy simple, se bombea del tanque que se encuentra en un nivel inferior, la solución hacia las tinas, las cuales estan intercomunicadas de manera que la solución entre a la tina 1 por la parte inferior y sea recolectada en el otro extremo de la tina por la parte superior, y de ahí sera mandada a la parte inferior de la tina 2 y así sucesivamente hasta llegar a la ultima tina que se haya intercomunicado, de ahí se recolecta y se regresa al tanque de almacenamiento principal, cerrando de esta manera el circuito.

Es importante que el flujo de agua sea lento, para evitar de esta manera que las tinas se inunden y en un momento se vaya a tirar la solución y al mismo tiempo que no se dañen las raíces de las plantas.



Las tinas se acomodan en tres bloques separados, y la solución se manda circular por cada bloque por dos horas, dos veces al día.

De acuerdo a esto quedaría el siguiente programa, para los bloques, suponiendo que se hacen 3 bloques:

BLOQUE	HORARIO RIEGO 1	HORARIO RIEGO 2
1	6:30 - 8:30	12:30 - 14:30
2	8:30 - 10:30	14:30 - 16:30
3	10:30 - 12:30	16:30 - 18:30

Acomodando así las tinas, se ahorraría una tercera parte del volumen de solución que se requiere preparar inicialmente, y al mismo tiempo, se logra dar el suficiente tiempo de riego a las plantas.

Este sistema se puede hacer de forma que funcione automáticamente o en forma manual, en forma automática, solamente se requeriría de una persona que fuera una vez cada tres días a supervisar que el sistema funcione bien, una vez a la semana a checar el pH de la solución, en caso de hacerlo manual se requeriría de una persona durante todo el día para que realice los cambios en los bloques que se van a regar.

En caso de hacerlo automático se requeriría de cuatro interruptores automáticos, el primero para que activará la bomba

todos los días a las 6:30 y las desactivara a las 18:30, y los otros tres que controlaran las válvulas para permitir el flujo hacia uno u otro bloque.

Cada tres días se completa con agua corriente al tanque de solución de manera que quede completamente lleno, y una vez a la semana se checa el pH de la solución, ajustandolo con ácido acético o hidróxido de amonio.

Los nutrientes de la solución deben ser suficientes para una cosecha, en el caso de hortalizas, y si la planta presenta un período de crecimiento superior al de los seis meses es conveniente cada seis meses cambiar la solución o completar en su caso los nutrientes que hagan falta.

#### 4.2 MANEJO DEL CULTIVO.

##### 4.2.1 GERMINACION Y TRANSPLANTE

En la hidroponia, y en particular en el sistema de cultivo en grava, el colocar las semillas directamente en el lugar en donde se espera se desarrolle la planta es poco conveniente, debido a la dificultad que va a tener la planta para poder crecer sobre todo en un principio, en el cual desplazar a la grava es difícil, al mismo tiempo al dejar que las semillas germinen en las condiciones del cultivo produce en muchas ocasiones perdida de tiempo por lo que es recomendable hacer germinar las semillas

en un principio en una incubadora, y posteriormente transplantarlas al cultivo hidropónico.

Para que las semillas germinen solo se requiere de humedad y una temperatura indicada, esto es fácil de lograr en una incubadora además de que hay que considerar que si la germinación se lleva a cabo a una temperatura controlada de entre 30 y 35 C, la velocidad de germinación se incrementa favorablemente, así mismo se sugiere usar en vez de agua sola, una solución con 50 mg por litro de agua de ácidos húmicos lo cual, como ya se menciono, acelerará el proceso de germinación.

Una vez que la semilla se ha desarrollado se procede a pasarla al medio inerte de cultivo, el cual fue previamente esterilizado, la planta se debe de sembrar de manera que parte del tallo quede debajo del medio de cultivo, y tratando de que sea lo mas rápido posible este traspaso, así como el de no dañar a la planta, como regla general de cada 3 plantas que se transplantan solo llegan a su total desarrollo dos.

También es importante considerar el espacio que se deja entre planta y planta, como he mencionado la competencia por nutrientes o agua, se verá eliminada con el cultivo hidropónico pero no así la competencia por la luz o el espacio vital. Dependiendo de la forma vegetal se deja el espacio de cultivo necesario.

Después de esto, se desarrolla el sistema como lo he mencionado en la parte inicial del capítulo.

#### 4.2.2 FACTOR PH

Como se comentó en el capítulo 2, y a principios de éste, el pH puede ser un factor determinante en el crecimiento de los vegetales; considerando que cada vegetal prefiere uno determinado a continuación se coloca una tabla de los valores óptimos de pH, para el desarrollo de ciertos vegetales (41)

VEGETAL	pH DE LA SOLUCION
Clavel	6.5
Crisantemo	6.5
Rosa	6.0
Cebolla	6.5
Espinaca	7.0
Fresa	6.5
Jitomate	6.5
Zanahoria	7.0

#### 4.2.3 PRESENCIA DE PLAGAS.

Es realmente extraño que si se esterilizó adecuadamente el medio de cultivo se presenten en el medio al desarrollo de hongos o de gusanos, sin embargo se puede aplicar un poco de fungicida e insecticida a los 30 días del desarrollo del cultivo para eliminar cualquier posibilidad.

#### 4.2.4 POLINIZACION

Si el cultivo se esta desarrollando en un medio cerrado en donde se le dificulte el acceso a los insectos es conveniente realizar una polinización, esto es sacudir las plantas desde que se presenten las primeras flores hasta que se termine la floración, las horas mas convenientes para realizar esta operación es de las 10 a las 12 hrs del día. (42)

#### 4.2.5 TIEMPOS DE COSECHA.

Un punto importante para la planeación del cultivo es el tiempo en que este se va a desarrollar, así como si se va a hacer al aire libre el clima que existe. Cada variedad de vegetal tiene un tiempo de desarrollo, que aunque con el sistema propuesto se acorta, es importante tomar en cuenta, así como la temporada ideal para sembrar cada uno.

A continuación se presenta una tabla. Estos resultados son experimentales, se realizaron con el sistema propuesto durante el año de 1990 en el norte de la ciudad de México en pequeña escala, por lo que hay que tomarlos con ciertas reservas pues el clima o las condiciones de control pueden cambiar al realizarlos en otra zona geográfica o a gran escala.

VEGETAL	TIEMPO DE LA SIEMBRA A LA COSECHA (DIAS)
Betabel	60 a 100
Calabacita	45 a 70
Cebolla	130 a 160
Chicharo	50 a 70
Chile pasilla	140 a 155
Espinaca	30 a 40
Frijol	50 a 55
Jitomate	90 a 105
Pepino	55 a 70
Zanahoria	85 a 120

## 5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

Como se puede observar el sistema propuesto ofrece una serie de ventajas sobre los sistemas convencionales de cultivos, aunque al mismo tiempo, como todo, presenta una serie de desventajas. A continuación menciono las ventajas y desventajas más importantes según mi criterio del sistema propuesto:

### 5.1 Ventajas

1.- Balance ideal de aire, agua y nutrientes: los sistemas convencionales no permiten en general establecer las condiciones exactas que requiere el cultivo, por lo que casi siempre o se utilizan nutrientes o agua de más, o por lo contrario existe carencia de ellos, en el cultivo presentado se presume un balance exacto de estos tres factores.

2.- Mayor densidad de población: En uno de estos cultivos se puede pensar en cultivar dos veces mayor número de plantas que en un cultivo en suelo, como se mencionó, esto se debe a que no existe competencia por los nutrientes.

3.- Mayor precocidad en los cultivos: Es decir el tiempo de crecimiento de los vegetales se reduce sustancialmente, tanto con el uso de ácidos húmicos, como con el balance ideal de nutrientes, como por la germinación en condiciones ideales.

4.- Mejor calidad de productos: La planta al no tener que preocuparse por conseguir nutrientes y agua, podrá crecer no solamente más rápido sino con mejores propiedades, esto es con colores mas intensos y formas típicas del vegetal. Esto también se ve fomentado con presencia de ácidos húmicos, y el control de plagas.

5.- Posibilidad de cultivar siempre la misma especie: El hecho de poder formular una solución hidropónica específica para el cultivo en cuestión, nos permite cultivar la misma especie en el mismo lugar, mientras que en el suelo, por más que se repongan los nutrientes, esto es difícil y poco conveniente por el desgaste que sufre éste.

6.- Uniformidad de cultivo: Esto es, se puede garantizar que todos los vegetales sembrados tendrán más o menos las mismas características, gracias a que crecieron bajo las mismas condiciones de alimentación y temperatura.

7.- Ahorro de agua: Como la solución se esta recirculando, el cultivo solo toma el agua necesaria, y al mismo tiempo se evitan perdidas del líquido, por evaporación o infiltración en el suelo.

8.- Mayor limpieza: El cultivo hidropónico es limpio por definición, es decir no se requiere del uso de abono o otros fertilizantes poco limpios, al mismo tiempo se limita el uso de insecticidas o fungicidas, y el uso de ácidos húmicos provoca el desarrollo de especies determinadas de microorganismos.



## 5.2 Desventajas:

1.- Alto nivel de conocimientos: Para poder desarrollar correctamente un cultivo hidropónico es necesario tener amplios conocimientos no solamente en agricultura, sino también en química y sistemas. Esto limita el uso del sistema propuesto a un número pequeño de agricultores hoy en día en nuestro país.

2.- Alto costo: El sistema propuesto presenta un desembolso fuerte para la instalación del sistema, al mismo tiempo que la preparación de la solución es costosa, mucho más que las instalaciones para los sistemas de riego con agua, por lo que probablemente solo fuera costeable para cultivos de alto rendimiento como flores u hortalizas.

## 5.3 Conclusiones:

Este sistema puede ser muy interesante cuando se deseen cultivar vegetales bajo alguna situación como las que abajo se presentan:

- En zonas con poca agua.
- Cuando el agua tiene un alto contenido de calcio.
- En ciudades.
- En suelos calcareos o arenosos.
- Para el cultivo de flores o hortalizas.
- Para el cultivo intensivo de forrajes.
- En suelos erosionados.
- En investigación sobre vegetales.

Estas situaciones se presentan en muchas partes de nuestro país por lo que creo es un sistema interesante para tratar de lograr la autosuficiencia alimentaria, sobre todo en lo que se refiere al área de plantas de hortaliza.

Así mismo es importante resaltar la acción de los ácidos húmicos en la solución nutritiva, y por lo tanto en el desarrollo del cultivo hidropónico, ya que no solo le da estabilidad a la misma, sino que interviene activamente en el crecimiento de la planta, ayudando en su desarrollo y evitando la invasión de hongos y bacterias nocivas.

## ANEXO I

Los ácidos húmicos actualmente se venden en soluciones que varían en su concentración entre el 0.5 y el 5% en peso, es imposible conseguir éstos en forma sólida o seca a menos que se consigan directamente en las fábricas que los producen por procesos industriales (oxidación inorgánica de restos vegetales), o bien por extracción del humus.

En México las empresas que lo comercializan son básicamente Química Hoest, Basf de México y Bayer de México, mientras que la única empresa mexicana que los produce es Química Foliar.

Cabe mencionar que la mayoría de las soluciones comerciales de ácidos húmicos, no solamente contienen estos, si no que generalmente se enriquecen con ácido fólico, y se usan para evitar colapsos en las plantas cuando se transplantan.

ANEXO 2

A continuación se presenta una relación de costos del sistema instalado para la experiencia realizada, estos costos están dados en base a la fecha de compra, es decir enero de 1990.

6 recipientes de plástico de 70 cm. X 130 cm.	390,000
8 Sacos de 50 Kg. de tezontle	1200,000
60 litros de solución nutritiva	780,000
Diversas semillas	40,000
1 Bomba de agua de 0.5 H.P. con instalación	1900,000
TOTAL	4310,000

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

- 1.- Evans S.; EXPLORING AGRICULTURE; Ed. Prentice Hall; N.Y., E.E.U.U.; 1980
- 2.- Langer A.; APRENDA A CULTIVAR; Ed. Diana; 2a. edicion; México D.F.; 1986.
- 3.- Rodale J.L., et. al.; HOW TO GROW VEGETABLES AND FRUIT BY THE ORGANIC METHOD; Rodale Books; Palestina; 1970:
- 4.- Stevenson F.J.; HUMUS CHEMISTRY; Wiley N.Y.; 1982.
- 5.- Aron; PLANT CULTIVATION WITHOUT SOIL; Bull. Inst. Nac. Inv. Agr. 14; 295-296; Madrid; 1974.
- 6.- Douglas S.; BENGAL SYSTEM; Oxf. Univ. Press; England; 1955.
- 7.- Gilbert C.C.; SUCCESS WITHOUT SOIL; San Diego, Gilbert C. 1977.
- 8.- Meyer, E. S., et. al.; INTRODUCTION TO PLANT PHYSIOLOGY; Princeton; Van Nostrand; 1960.
- 9.- Douglas S.; HYDROPONICS; Oxford Univ. Press; England; 1976.
- 10.- Wallace T.; THE DIAGNOSIS OF MINERAL DEFICIENCIES IN PLANTS BY VISUAL SYMPTOMS; Her Majesty's Stationary Office; London, England; 1983.
- 11.- Alexander L.J.; GROWING PLANTS IN NUTRIENT SOLUTION; Agri. Exp. Sta. Bull.; Ohio, E.E.U.U.; 1978
- 12.- Esau K.; PLANT ANATOMY; Wiley; N.Y., E.E.U.U.; 1953
- 13.- Cisee A.C.; CELL PHYSIOLOGY; Saunders; N.Y., E.E.U.U.; 1974
- 14.- Jurbicky I.I.; THE PHYSIOLOGICAL PRINCIPLES OF GROWING PLANTS IN SOILLESS CULTURE; Izv. Akad. Nauk. SSSR., Ser. Biol.; U.R.S.S.; 1960.
- 15.- Schwarz M.; HYDROPONICS PAYS OFF; New Scientist; 30, 501; 1976.
- 16.- Saunby T.; SOILLESS CULTURE; Collingridge; London, England, 1981.
- 17.- Jung J.; DIE METHODIK DER WASSERKULTUR NACH NEUZEITLICHEN GESICHTSPUNKTEN; Landw. Forschung; 11: 12-19; 1953.

- 18.- Lasturka Z. & Minar A.; CONTRIBUTION TO METHODS OF WATER CULTURE FOR HIGHER PLANTS; Rostlinna Vyroba; 11: 1023-30; 1965
- 19.- Shive J.W. & Robins W.A.; METHODS OF GROWING PLANT IN SOLUTION AND SAND CULTURE; N.J. Agr. Exp. Stat.; E.E.U.U.; 1982.
- 20.- Cain J.C.; AUTOMATIC SUB IRRIGATION EQUIPMENT FOR SAND CULTURES; Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.; E.E.U.U.; 1978
- 21.- Kiplinger D.C. & Laurie A.; GRAVEL CULTURE; Chic. Exp. Sta.; Ohio, E.E.U.U.; 1981
- 22.- Schwarz M.; GRAVEL PLANTATION IN ISRAEL; Ministry of Agric. Publ. Bull.; Israel; 1978.
- 23.- Schnitzer M.; THE SYNTHESIS, CHEMICAL STRUCTURE, REACTIONS AND FUNCTIONS OF HUMIC SUBSTANCES; REDA; Italy; 1986.
- 24.- Savoini G.; HUMIC SUBSTANCES; REDA; Italy; 1985
- 25.- Waksman; HUMUS; C. R. Seances Acad. Agric. Fra. 26, 66; 1934.
- 26.- Schoeder; HUMIC SUBSTANCES, CHEMISTRY AND REACTIONS; Elsevier Publishing Co.; Amsterdam; 1934.
- 27.- Sladky; HUMIC SUBSTANCES IN SOIL; Oxford Univ. Press, England; 1968.
- 28.- Gumiski; HUMIC SUBSTANCES; Journal of Experimental Botany; 32, 679-687; 1968.
- 29.- Prakash; CHEMISTRY OF THE HUMIC SUBSTANCES; Soil Biology and Biochemistry; 5, 220-231; 1971.
- 30.- Vaughan y Ord; HUMIC SUBSTANCES AND IT'S EFFECTS ON PLANTS; Journal of Experimental Botany; 32, 679-687; 1981.
- 31.- Sequi; HUMIC SUBSTANCES; REDA; Italy; 1986.
- 32.- Visser; EFFECTS OF HUMICS ON PLANTS; REDA; Italy; 1986.
- 33.- Petrovic P.; INVESTIGACIONS OF BIOLOGICAL EFFECTS OF HUMIC ACIDS; Acta Biol. Med. Exp.; 7, 21-25; 1987.
- 34.- Vaughan y Mac Donald; HUMICS ASSIMILATION; Journal of Experimental Botany; 17, 821-837; 1976.

- 35.- Visser; HUMIC ACIDS; Agric. Bull.; Ottawa Can.; 1968
- 36.- Bell'Agola; HORMONE- LIKE EFFECT AND ENHANCED NITRATE UPTAKE INDUCED BY DEPOLYCONDENSED HUMIC FRACTIONS; Agric. Ital.; 108-134; Italy; 1982
- 37.- Miele; HUMIC SUBSTANCES ASSIMILATION; UCLA; Agricultura; 1, 12-30; 1980.
- 38.- Sanchez Conde; Acidos Húmicos y sus efectos; An. edafol. Agrobiol.; 31, 319-331; 1972.
- 39.- Slady Z.; THE APPLICATION OF EXTRACTED HUMUS; Biol. Plant; 1, 199-204; Prague. 1978.
- 40.- Visser; PHYSIOLOGICAL ACTION OF HUMIC SUBSTANCES ON MICROBIAL CELLS; J. Biol. Biochem.; 17, 457-462; 1985.
- 41.- Reyes A; HIDROPONIA; Corporacion Hidroponica de Mexico; Mexico; 1978.
- 42.- Dvalarev Y.; A LARGE-SCALE HYDROPONICS; Priroda; E.E.U.U.; 1987.