



19
2ej.
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

CUAUTITLAN

**“TOPICOS SELECTOS DE LA PRODUCCION AGRICOLA
ACTUAL. ANALISIS DE LOS BENEFICIOS ECOLOGICOS
DE LA ADOPCION DE JARDINES HIDROPONICOS
EN LA CIUDAD DE MEXICO”**

**TRABAJO DE SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRICOLA
P R E S E N T A
LUCIO ANTONIO HIDALGO IBAÑEZ**

ASESORA: Q. LAURA B. REYES SANCHEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX,

1998

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

266391



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



VARIETAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR U. N. A. M.
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
PRESENTE.

AT'N: Q. MA. DEL CARMEN GARCIA MIJARES
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Tópicos Selectos de la Producción Agrícola Actual. Análisis de los Beneficios Ecológicos de la Adopción de Jardines Hidropónicos en la Ciudad de México.

que presenta el pasante: Hidalgo Ibañez Lucio Antonio,
con número de cuenta: 8227885-2 para obtener el Título de:
Ingeniero Agrícola

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, a 18 de Agosto de 19 98.

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
<u>Asesora</u>	<u>Q.L.B. Reyes Sánchez</u>	<u>[Firma]</u>
<u>I</u>	<u>Ing. R. Espinoza Sánchez.</u>	<u>[Firma]</u>
<u>III</u>	<u>Ing. C. Deolarte Martínez.</u>	<u>[Firma]</u>

DEDICATORIAS:

Con especial cariño, amor y respeto a mi MADRE, por todo su empeño y dedicación hacia sus hijos.

A mis hijas Karla Itzel y Karen Ivonne.

A mi esposa, por su agradable compañía.

A mi hermana, por todo lo que ella sabe que representa para mi.

A mi tío Gaby, a mi abuela Lala, por todo su apoyo en el momento necesitado.

A mi tío Telos dondequiera que su alma se encuentre.

A todas aquellas personas que saben son importantes para mi.

AGRADECIMIENTOS:

A la Maestra Q. Laura Bertha Reyes Sánchez, por su amistad y la asesoría del presente trabajo.

Al M. en C. Edvino Vega Ortiz, por su amistad y empeño en la Coordinación del Seminario de Titulación de Ingeniería Agrícola, así como en sus otras funciones dentro de la Facultad.

A los maestros que participan en el Seminario de Titulación de Ingeniería Agrícola.

Al Ing. Edgar Ornelas Díaz y al M. en C. José Luis Arellano Vázquez por su amistad y los conocimientos aportados. Especialmente, deseo expresar mi gratitud a todos aquellos maestros de Ingeniería Agrícola, para los que la docencia es mucho más que solo un modo de vida, ya que son ellos los verdaderos formadores de los nuevos profesionistas.

A la **Universidad Nacional Autónoma de México**, por darme la oportunidad de servir a mi País como un orgullosos profesionista egresado de ella.

"Ridiculizar la esperanza de progreso es la máxima necesidad, la última palabra en cuanto a pobreza de espíritu y mezquindad de la mente. No debemos desmayar sólo porque no podemos aún visualizar la solución definitiva de nuestros problemas". Medawar, 1972.

ÍNDICE:

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVO	3
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	10
4.1 NUTRICIÓN VEGETAL	10
4.1.1 NUTRICIÓN MINERAL DE LAS PLANTAS	10
4.1.2 ELEMENTOS ESENCIALES	10
4.1.3 ELEMENTOS NUTRITIVOS	12
4.1.4 RELACIONES DE INTERACCION DE ELEMENTOS NUTRITIVOS	14
4.1.5 DEFICIENCIA Y TOXICIDAD	15
4.1.5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE SÍNTOMAS DE TOXICIDAD	16
4.1.6 DESORDENES NUTRICIONALES	20

4.1.7 ABSORCIÓN Y MOVIMIENTO DEL AGUA	20
4.2 CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y LLUVIA ÁCIDA	23
4.2.1 GENERALIDADES	23
4.2.2 LLUVIA ÁCIDA	24
4.3 CONTAMINACIÓN DEL AGUA	26
4.3.1 EL CARÁCTER DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA	26
4.3.2 CLASES DE IMPUREZAS DEL AGUA	26
4.3.3 LAS AGUAS RESIDUALES	27
4.3.4 EL USO DE AGUAS RESIDUALES PARA RIEGO	28
4.3.5 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	31
4.3.5.1 TRATAMIENTO PRIMARIO	32
4.3.5.2 TRATAMIENTO SECUNDARIO	32
4.3.5.3 TRATAMIENTOS TERCIARIOS O AVANZADOS	33
4.4 LA HIDROPONÍA	35

4.4.1 PASADO, PRESENTE Y FUTURO	35
4.4.2 COMPONENTES PRINCIPALES EN SISTEMA HIDROPÓNICO	36
4.4.2.1 INFRAESTRUCTURA BÁSICA	36
4.4.2.2 LOS CONTENEDORES	37
4.4.2.3 SUSTRATOS	38
4.4.2.4 DISOLUCIÓN NUTRITIVA	38
4.4.3 IMPUREZAS DE LOS FERTILIZANTES	41
4.4.4 PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE NUTRIENTES	41
V. ANÁLISIS	43
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
VII. BIBLIOGRAFÍA	49

I. INTRODUCCION.

El hombre, desde que surge del proceso evolutivo de las especies biológicas, hasta el momento actual, se ha conformado en un proceso de interrelaciones con su medio, común a todos los seres vivos. Sin embargo, a partir de la emergencia del lenguaje, de la producción de excedentes económicos y de la constitución de una sociedad de clases, la sociedad humana se distingue del resto de las sociedades bióticas por el hecho de que su articulación con el medio natural no está regida por las leyes biológicas que norman los procesos evolutivos, (Leff, 1986).

Surgen entonces las ciudades, como una alteración burda de la naturaleza que proporciona mil maneras de destruir y rebajar las condiciones básicas de las que dependen la vida y la dignidad humanas y esto es inevitable mientras que se permita que las ciudades vayan creciendo sin control de retroalimentación negativa, o se "administren" como algo ajeno a los sistemas de sostén de la vida, (Odum, 1987).

Así, las ciudades son una muestra clara de esa disociación del hombre con las leyes naturales que rigen a las comunidades biológicas, y en ellas existen problemáticas diversas que son gradualmente superadas con el abuso en la utilización de recursos exteriores que casi siempre ocasionan daños graves al ecosistema circundante, esto se agudiza aun más cuando las condiciones geomorfológicas de las regiones en que se establece una ciudad, no son las más adecuadas para dicho fin. Un claro ejemplo de ello es la Ciudad de México, que se

localiza a una altura promedio de 2240 metros sobre el nivel del mar, rodeada de una aun más elevada cordillera, formando una cuenca cerrada, asentada sobre un gran lago desecado, con un crecimiento desordenado y muy acelerado, además de una gran cantidad y diversidad de industrias y de automotores que aportan grandes cantidades de sustancias contaminantes del aire y del agua. Estas condiciones particulares, están determinando una problemática específica en lo que se refiere a la existencia y conservación de las áreas verdes así como en los jardines urbanos que ante estas condiciones se ven amenazados.

La problemática principal es la contaminación del medio que se origina de manera acelerada, resultado de las características enunciadas en el párrafo anterior y una de las pocas formas de disminuir esos niveles de contaminación es la construcción y conservación de las áreas verdes y jardines tanto dentro de la zona urbana así como la reforestación y cuidado de los bosques circundantes a la Ciudad de México.

En el presente documento, se plantea un análisis de las condiciones actuales en cuanto a la construcción y mantenimiento de jardines se refiere, así como la propuesta de la utilización de la hidroponía en ellos al igual que de los beneficios ambientales que aportaría su utilización.

II. OBJETIVO

Analizar los beneficios de la utilización de la hidroponía en jardines urbanos como una alternativa ecológica para la Ciudad de México.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Al parecer, la gran mayoría de las personas que habitan la Ciudad de México están consientes de la problemática de contaminación ambiental que en ella existe y todos en la medida de sus posibilidades han adoptado una conciencia ecológica que no ha sido el resultado de políticas gubernamentales sino más bien ha sido la vivencia diaria en estas condiciones de contaminación del aire y del agua lo que ha contribuido a despertar dicha conciencia.

Ante esta situación, ha cobrado importancia la adquisición de plantas, la construcción y conservación de jardines y áreas verdes en la Ciudad. Sin embargo, es el nivel socioeconómico lo que está determinando la mayor o menor convivencia de las personas con esas áreas verdes y jardines, y aunque parezca contradictorio, son las clases altas las que indirectamente más daño están causando al ecosistema circundante, a pesar de ser quienes poseen jardines privados y abundantes. Como lo menciona Leff, (1986), ... el proceso de acumulación de capital ha determinado los ritmos de extracción de materias primas, las formas de utilización de los recursos y los procesos de transformación del medio natural. Este proceso ha determinado en muchos casos la erosión de los suelos, la pérdida de la fertilidad de las tierras la depleción de los recursos y la destrucción de la capacidad de producción de los ecosistemas. Lo anterior, aplicado al tema que nos ocupa, está determinando que las clases privilegiadas, al amparo del poder económico, están demandando durante la construcción y también en el mantenimiento de sus jardines, determinadas y constantes cantidades de suelo (tierra negra y tierra de hoja) que provienen de los bosques aledaños a la Ciudad de México, pero que son suministrados por que existe por otra parte un grueso sector de la población carente de recursos que se ven obligados a saquear los bosques para cubrir dicha demanda y satisfacer sus propias necesidades básicas.

La demanda del recurso suelo está generando una crisis en los bosques saqueados, que es el resultado de un patrón de consumo de la sociedad opulenta. La alternativa para revertir este problema es que esa misma clase opulenta modifique dicho patrón de consumo y ya no demande el recurso suelo que es podríamos decir el más importante para que el ecosistema bosque circundante a la ciudad permanezca y se desarrollen y con ello todo el beneficio que estos aportan, desde la captación de agua de lluvia para la recarga de los acuíferos hasta la renovación del aire que respiramos y que presenta altos niveles de contaminación.

Una alternativa sería la adopción de la hidroponía en los jardines residenciales de esa clase social a la que nos referimos anteriormente, de esta manera por las características de operación y mantenimiento de un jardín hidropónico ya no existiría esa demanda de suelo que en la actualidad está siendo un problema que no ha sido realmente cuantificado ni documentado pero esto no significa que no exista; para ello basta con estimar la cantidad de suelo demandado durante la construcción de un jardín de un tamaño promedio de 300 metros cuadrados que es de aproximadamente 20 toneladas de suelo o "tierra negra", además, se deben considerar un promedio de una tonelada anual de tierra que es utilizada durante el mantenimiento de dicho jardín para rellenar depresiones en el césped, rellenar macetas y jardineras, cuya tierra se esta perdiendo por el efecto del arrastre de la lluvia y el riego. Por otro lado, ese suelo que se pierde, está ocasionando más problemas de azolve principalmente en el sistema de alcantarillado de la ciudad.

Una de las razones más importantes por las que se está aportando tierra negra al césped de manera constante es por que contiene grandes cantidades de materia orgánica en un estado avanzado de descomposición, cediendo cantidades importantes de nitrógeno resultado de esa descomposición, lo cual determina una rápida respuesta de las plantas al aporte de ese elemento, pero la extracción del suelo en los bosques está representando además de la pérdida del medio que lo sostiene y sustenta, también la escasez de esa reserva de nitrógeno que es de la cual ese ecosistema hace uso cuando existe la necesidad de regenerar la biomasa que se pudo haber perdido a consecuencia de alguna alteración exterior o como parte de un mecanismo regulador interno del mismo.

Otra consideración importante al respecto, es el hecho de que esa misma clase social, no padece carencias de agua para uso domestico en ninguna época del año, puede decirse que tiene un suministro garantizado, ya que cuando este vital líquido escasea, son las zonas populares las que en primer momento sufren recortes del gasto de agua suministrado. Así, mientras que en algunas zonas de la ciudad se padece en serio la falta de agua, en las zonas opulentas se tiene disponible hasta para regar de manera frecuente y abundante los jardines residenciales.

Si consideramos que la mayor parte del agua que se utiliza para regar es destinada para el pasto o césped, y si consideramos que por sus características anatómicas las raíces de dicha especie no son profundas, entonces podemos concluir que solo el agua más próxima a la superficie del suelo es la que el pasto aprovecharía para su metabolismo y que los excedentes de agua aportados durante el riego, solo representan un desperdicio de este recurso. Pero también el agua más

próxima a la superficie del suelo es la que más expuesta está a la evaporación resultado de la acción directa de la radiación solar, por lo que, el agua, solo está disponible para el pasto en un espacio limitado de tiempo dependiendo de la intensidad luminosa del sol, es decir que en las horas más calientes del día, el agua que pudiera ser aprovechada por las plantas se pierde rápidamente por la evaporación.

Por ello, la adopción entonces de la hidroponía en la construcción de jardines, representa una alternativa viable para modificar la demanda del recurso suelo por parte de los poseedores de jardines residenciales entre otros, por que eso no significa que solamente los jardines residenciales pueden ser construidos o reconstruidos con estructuras propias para la hidroponía, sino que también los de empresas, oficinas gubernamentales e incluso algunos jardines públicos que por supuesto también están demandando aquel recurso tan necesario para que perdure el ecosistema bosque del cual es sustraído.

Otro aspecto importante a considerar es que el bosque que generalmente está perdiendo ese suelo va también perdiendo su capacidad para sostener a la fauna y flora que comúnmente albergan y entonces el bosque se degrada y desaparece, dejando terrenos sin protección natural que son el centro de fuertes presiones demográficas y ocasionan un mayor y sobre todo desordenado crecimiento de la ciudad, lo cual a su vez incrementa la demanda de los recursos que queremos optimizar.

Pero aun cuando el solo hecho de la optimización del uso del recurso agua y la eliminación de la demanda del recurso suelo justifiquen en un momento dado la

adopción de la hidroponía en los jardines urbanos, se debe hacer mención de la necesidad de hacer un mantenimiento adecuado de las áreas verdes existentes en la actualidad ya que muchas de ellas han sido construidas desde hace más de 30 años y en su momento fueron regadas con agua limpia y se desarrollaron en un medio ambiente más equilibrado, razón por la cual son en la actualidad áreas verdes exitosas pero que las ponemos en riesgo cuando empezamos a regarlas con "AGUAS TRATADAS" por que la realidad es que ni esas aguas han pasado por un proceso satisfactorio de depuración y tampoco sabemos la concentración de elementos esenciales así como de elementos tóxicos Pueden estar presentes en dichas aguas, de esta manera estamos envenenando gradualmente esas áreas verdes exitosas construidas por generaciones anteriores, incluyendo el suelo que es constantemente aportado a ellas, esto sin contar el daño mismo que el aire enrarecido así como el de la lluvia ácida esta ocasionando a las mismas; haciendo que dichas áreas estén en peligro de deterioro y hasta desaparición si el daño que se les esta haciendo no es revertido. Una posible prueba de ese daño es el hecho de que las nuevas áreas verdes que se construyen no tienen el éxito deseado por que los pequeños árboles no tienen la misma resistencia a los contaminantes contenidos en el agua de riego utilizada, razón por la cual cada vez es más frecuente ver jardines nuevos muy raquíticos y de poca duración, eso sin considerar el poco cuidado y aprecio que reciben por algunas personas que aun no han adoptado aquella conciencia ambiental que el día de hoy es tan importante.

También sabemos que los costos de construcción y mantenimiento de un jardín hidropónico es más elevado que los de un jardín construido de manera tradicional, sin embargo, el presente documento no tiene el objetivo de realizar una comparación en costos entre los tipos de jardines mencionados, pero sabiendo que es la clase social con más recursos la que podría adoptar la construcción de los jardines hidropónicos, entonces los costos de construcción y conservación no son tan considerables como los que tendría que solventar un productor agrícola que deseara adoptar esta técnica para la producción de alimentos por la sencilla razón que la

mayoría de estos no tienen los recursos que aquellos si tienen y entonces si los pudientes cambian el habito de consumir el recurso suelo de los bosques aledaños, esto puede derivar en grandes beneficios presentes y futuros.

Independientemente de las dificultades para actualizar los costos y beneficios futuros de una estrategia ecológica nos enfrentamos al problema de traducir a un patrón de precios una serie de procesos que se ocupan a tal forma de valoración, pero ¿Cuál es el precio que debe asignarse a las condiciones de estabilidad de los ecosistemas? ¿Cuál es el costo de los efectos actuales y futuros de los procesos de degradación irreversible –la erosión y desertificación- de los ecosistemas productivos? En otros aspectos, ¿Cuál sería el costo monetario de la pérdida de germoplasma y de diversidad genética de los recursos bióticos?

IV. REVISIÓN DE LITERATURA.

4.1 NUTRICION VEGETAL

4.1.1 NUTRICIÓN MINERAL DE LAS PLANTAS.

Desde principios del siglo XIX, se sabía que la fotosíntesis no puede realizarse en ausencia de carbono, hidrógeno y oxígeno. Durante la fotosíntesis, como se podrá recordar el bióxido de carbono se combina con el hidrógeno del agua para formar carbohidratos y otros materiales que constituyen gran parte de la materia de la planta, pero no solo estos elementos participan en la formación de dichos materiales, también existen otros que son esenciales para la planta y que participan en sus funciones vitales, (Jensen – Salisbury, 1988).

4.1.2 ELEMENTOS ESENCIALES.

En 1860, Julius von Sachs desarrolló una metodología para determinar cuales eran los elementos esenciales para las plantas. Sachs agregó cantidades conocidas de sales minerales específicas en agua pura y después sembró plantas en las soluciones nutritivas minerales que había preparado. Las plantas crecieron bien cuando se les colocó en una solución compuesta por sólo cuatro sales: nitrato de calcio, nitrato de potasio, fosfato de potasio y sulfato de magnesio, también añadió pequeñas cantidades de una sal de hierro, (Jensen – Salisbury, 1988). Las cuatro primeras sales contenían seis elementos minerales conocidos en la actualidad como elementos nutritivos primarios o macronutrientes, una lista ordenada de la cantidad que la planta requiere de cada uno de estos elementos es: nitrógeno, potasio, calcio, magnesio, fósforo y azúfre.

Sachs observó que algunas plantas crecen satisfactoriamente en soluciones que contienen cierto tipo de elementos; sin embargo, no crecen cuando uno de esos elementos se elimina de la solución nutritiva. Por lo que tal elemento debe ser un elemento esencial para el crecimiento de la planta, (Jenssen – Salisbury, 1988).

Actualmente se considera que un elemento es esencial si:

- a) El ciclo vital de la planta no se puede realizar completamente si el elemento no existe.

- b) La acción de elemento debe ser específica, es decir, no existe otro elemento que lo pueda reemplazar o corregir sus deficiencias.

- c) El efecto sobre la planta debe ser directo, no se trata simplemente de un antídoto; es decir, no actúa para sobreponer los efectos tóxicos de otro elemento, (Jenssen – Salisbury, 1988) y (Torres, 1996).

Basándose en estos criterios los últimos estudios sobre soluciones nutritivas han mostrado que la mayor parte de las plantas, si no es que todas ellas, necesitan de cuando menos otros seis elementos para tener un crecimiento adecuado. Estos elementos son: cloro, manganeso, boro, zinc, cobre, hierro y molibdeno que constituyen los siete elementos secundarios o elementos traza (microelementos).

Para el crecimiento y desarrollo de las plantas, los nutrientes deben satisfacer las siguientes condiciones:

- a) Debe estar en forma aprovechable para la planta.

b) El nutriente debe estar presente en concentración óptima para el desarrollo de las plantas. Esta condición es particularmente importante para los micronutrientes.

c) Debe haber un balance adecuado entre la concentración de los diferentes nutrientes solubles en el suelo.

Existen además otros elementos que pueden incrementar el desarrollo de las plantas, así, algunas plantas C4 necesitan de sodio como micronutriente, también existe otro grupo de elementos que pueden ser esenciales para algunas plantas, estos son: aluminio, silicio, cobalto, galio y vanadio. El silicio es, por ejemplo, esencial para el trigo y otros pastos,(Jensen – Salisbury, 1988),(Torres, 1996)

4.1.3 ELEMENTOS NUTRITIVOS.

Las plantas contienen pequeñas cantidades de cuarenta o más elementos de los cuales 17 se consideran esenciales para el desarrollo y reproducción de las plantas superiores. Estos elementos son: Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Azúfre, Hierro, Manganeso, Cobre, Boro, Zinc, Molibdeno, Cloro y Cobalto.

De esos elementos nutritivos se pueden formar tres grupos:

1) Elementos indispensables. Se señalan con esta denominación a tres elementos que se encuentran generalmente en el suelo en cantidades insuficientes para asegurar de forma continua buenas cosechas, estos son: nitrógeno, fósforo y potasio.

2) Elementos secundarios. Todos los elementos son necesarios pero algunos se requieren en mayor cantidad que otros y cada vez se presentan más deficiencias en las plantas por falta de algún elemento ya sea en mayor o menor cantidad. Los elementos secundarios son: calcio, magnesio y azúfre.

3) Microelementos. El término micronutrientes se refiere a los nutrientes esenciales en el crecimiento de las plantas, requeridos en pequeñas cantidades. Este grupo de elementos nutritivos comprende el fierro, manganeso, zinc, cobre, boro, cloro y molibdeno, (Torres, 1996).

4.1.4 RELACIONES DE INTERACCION DE LOS ELEMENTOS NUTRITIVOS.

Los elementos nutritivos pueden ejercer unos sobre otros acciones que conducen a reducir o aumentar su absorción por la planta. Los elementos nutritivos se encuentran generalmente en estado de iones y aveces en estado coloidal.

Las formas de las relaciones que reducen la asimilación son el antagonismo, el bloqueo o inhibición de las precipitaciones recíprocas. Al movimiento contrario a este efecto se le denomina sinergismo.

El antagonismo es la oposición entre dos elementos, con tendencia de uno a ocupar el lugar de otro, a reducir por lo tanto, su producción ya sea en las soluciones del suelo o en el flujo nutritivo que pasa en el vegetal. Los principales antagonismos que se presentan en la nutrición de las plantas cultivadas se observan entre: sodio y calcio, calcio y magnesio, calcio y potasio, y magnesio y potasio.

Torres, (1996) cita que la proporción de los iones fijados sobre el complejo informa sobre las eventualidades de antagonismo:

- La mala nutrición de calcio puede producirse si la relación magnesio-calcio y potasio- calcio, es superior a un miliequivalente.
- En los suelos pobres en magnesio, esto puede deberse a que la relación potasio-magnesio es mayor a un miliequivalente.

El bloqueo se produce cuando un elemento reduce la asimilación de otro, sin que ello signifique que ocupe su lugar, siendo de algún modo inhibido o paralizado el elemento bloqueado. El ion calcio juega este papel con respecto a varios otros iones principales, los oligoelementos (Mn, Cu, Zn); pero con mayor frecuencia son las

condiciones de pH las que intervienen, ya que un pH básico provoca a menudo una inhibición de los cationes, (Torres, 1996).

Los cationes micronutrientes son mucho más solubles y asimilables bajo condiciones ácidas. En suelos muy ácidos existe una abundancia relativa de los iones Fe, Mn, Zn y Cu. En efecto bajo estas condiciones, las concentraciones de uno o más de estos elementos, son, a menudo lo suficientemente altas para ser tóxicas para la mayor parte de las plantas. A medida que el pH va aumentando, las formas iónicas de los cationes micronutrientes son cambiables a hidróxidos u óxidos. Todos los hidróxidos de los cationes de los oligoelementos son insolubles, algunos no tanto como los otros. El pH exacto al cual la precipitación ocurre, varía de un elemento a otro e incluso entre los diferentes estados de oxidación de un mismo elemento. En cualquier caso, no obstante el principio es el mismo: a valores bajos del pH la solubilidad de los cationes micronutrientes llega al máximo y cuando el pH aumenta, su solubilidad y asimilación por las plantas disminuyen, por lo tanto es evidente la necesidad de mantener un pH del suelo con variaciones intermedias, (Buckman y Brady, 1985).

4.1.5 DEFICIENCIA Y TOXICIDAD.

Una característica común de todos los micronutrientes es que son requeridos en cantidades muy pequeñas. También hay que decir que todos ellos son nocivos cuando sus formas asimilables están presentes en el suelo en grandes cantidades. Así pues la gama de concentraciones de estos elementos en la cual las plantas pueden crecer satisfactoriamente no es muy amplia. El molibdeno, por ejemplo,

puede ser beneficioso si se le suministra en proporciones como de 34 a 70 gr por hectárea, mientras que si se hicieran aplicaciones de 3 a 4 kg por hectárea podría ser tóxico para la mayoría de las plantas. Aun aquellas mismas cantidades presentes en el suelo en condiciones normales son, en determinados casos, excesivas para un normal desarrollo del cultivo. Aunque cantidades un poco mayores son necesitadas para otros micronutrientes, y pueden ser toleradas por las plantas, un control de las cantidades suministradas es del todo necesario, sobre todo con el fin de mantener un equilibrio nutritivo, (Buckman y Brady, 1985).

Algunas plantas presentan síntomas de toxicidad cuando ciertos elementos se encuentran por arriba de las concentraciones óptimas para las plantas. El aluminio por ejemplo, con frecuencia es tóxica en suelos ácidos. Puede reaccionar con el fósforo, o puede intoxicar a la planta en forma más directa. El boro, cobre y zinc también pueden encontrarse en niveles tóxicos en algunos suelos.

4.1.5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS SÍNTOMAS DE TOXICIDAD.

ALUMINIO. Tóxico en suelos ácidos, reduce la productividad del suelo y el crecimiento de algunos frutales. Los síntomas en tallos son parecidos a los de una deficiencia de fósforo. Abundantes raíces laterales.

ARSÉNICO. Reduce el crecimiento de raíz y tallo. Además reduce la productividad en algunas legumbres.

BERILIO. Reduce el crecimiento de legumbres y forrajes. Su toxicidad es mucho mayor en suelos ácidos que en suelos calcáreos.

BORO. Clorosis intervenal generalmente en forma de manchas.

CADMIO. Reducción en productividad en algunas legumbres. Elemento acumulativo en la cadena alimenticia, por lo que su presencia constituye un riesgo para la alimentación humana.

COLORO. Bronceado, clorosis, quemadura de bordes; caída de las hojas adelantada; acucharamiento.

CROMO. Provoca reducción de la productividad así clorosis y deficiencias de hierro en algunos cultivos.

COBALTO. Síntomas de toxicidad diversos.

COBRE. Síntomas de toxicidad diversos.

FÓSFORO. Clorosis intervenal en hojas jóvenes. Necrosis y muerte regresiva del ápice. Acorchamiento de los márgenes foliares y abscisión de las hojas más viejas.

FLUOR. Aumenta el nivel de fluoruros en los huesos del ganado alimentado con forrajes contaminados. Acorchamiento de los ápices de las hojas que se extienden hacia las áreas intervenales.

FIERRO. Síntomas de toxicidad y disminución de la productividad, su precipitación en el suelo podría aumentar la fijación de elementos esenciales tales como el fósforo y el molibdeno.

LITIO. Síntomas de toxicidad den cítricos.

MANGANESO. Amarillamiento en bordes de hojas más viejas y a veces acucharamiento. En frijol se presenta clorosis intervenal, con tonos bronceado-amarillentos.

MERCURIO. Síntomas de toxicidad, presenta riengos en la alimentación humana por ser acumulativo en la cadena alimenticia.

NIQUEL. Efectos tóxicos en cultivos localizados en suelos con bajo pH o en suelos con poco contenido de materia orgánica.

PLOMO. Reduce el crecimiento de raíces, en concentraciones extremas inhibe la proliferación celular. Es un elemento acumulativo en la cadena alimenticia.

SODIO. Clorosis en los bordes de las hojas y quemaduras.

SELENIO. Es tóxico a bajas concentraciones y pequeñas cantidades agregadas al suelo incrementan el contenido de selenio en forrajes a niveles tóxicos para el ganado.

VANADIO. Provoca efectos tóxicos en raíces y tallos.

ZINC. Produce deficiencias de hierro en algunos cultivos. Su toxicidad depende del pH del suelo, ya que en suelos ácidos disminuye, (Torres, 1996).

4.1.6 DESORDENES NUTRICIONALES.

Un desorden nutricional es un mal funcionamiento de la fisiología de la planta, y da como resultado un crecimiento anormal, causado bien por una deficiencia o por un exceso de uno o varios elementos minerales. Este desorden lo muestra la planta, bien interna o externamente por, por medio de síntomas. El diagnóstico de un desorden nutricional incluye una detallada descripción e identificación del desorden. Los elementos se agrupan básicamente en aquellos que son móviles y los que son inmóviles, siempre teniendo diferentes grados de movilidad. Los elementos móviles son aquellos que pueden translocarse de una parte a otra de la planta, moviéndose desde los lugares originales de situación (hojas viejas) a las regiones de crecimiento activo de la planta (hojas jóvenes) cuando ocurre una deficiencia. Esto da como resultado que los primeros síntomas aparezcan en las hojas más viejas de las partes más bajas de las plantas. Los elementos móviles son el magnesio, fósforo, potasio, zinc y nitrógeno. Cuando ocurre una reducción de los elementos inmóviles, no hay ninguna translocación de éstos a las regiones de desarrollo de las plantas, sino que permanecen en las hojas más viejas donde fueron originalmente depositados. Así pues los síntomas de deficiencia aparecerán en las hojas más jóvenes de la parte superior de la planta. Los elementos inmóviles incluyen el calcio, hierro, azufre, boro, cobre y manganeso, (Resh, 1991).

4.1.7 ABSORCION Y MOVIMIENTO DEL AGUA.

La Perdida de Agua:

La mayoría de las plantas terrestres necesitan sistemas eficientes para absorber y movilizar el agua. Ello se debe a que su nutrición fundamental es gaseosa y

poseen un sistema de intercambio gaseoso muy eficaz. La consecuencia es la pérdida irrecuperable de agua transpirada a través de las hojas, que son órganos de intercambio de gases. El agua así perdida debe recobrase continuamente por absorción y transporte desde el suelo, (Bidwell, 1979).

La temperatura del suelo, la concentración de los solutos en la solución del suelo, el contenido de agua de este y otros factores del mismo influyen sobre la velocidad de transpiración indirectamente, en cuanto afectan la velocidad en que las raíces absorben el agua. Si las plantas no pueden absorber agua fácilmente, la velocidad de su transpiración es correspondientemente baja, si el agua es absorbida con mayor facilidad, la velocidad de transpiración es más alta, (Fuller, 1989).

Se ha dicho algunas veces que la transpiración rápida favorece una absorción correspondientemente rápida de iones vitales para la planta desde el suelo. Hay pocas pruebas experimentales a favor de semejante supuesto, aunque es cierto, con todo, que la transpiración rápida favorece el movimiento hacia arriba de los iones en el xilema, después que han penetrado en las raíces. El principal inconveniente de la transpiración de las plantas reside en el hecho de que causa con frecuencia una pérdida excesiva de agua, lo que se traduce en marchitamiento y, a menudo muerte. Si la velocidad de absorción de agua por las raíces es mayor o igual que la transpiración, no se produce marchitamiento, pero si la transpiración supera la absorción de agua, entonces el marchitamiento es ineludible, (Fuller, 1989).

Se debe mencionar brevemente el efecto del potencial osmótico del agua edáfica sobre la absorción del agua y la presión radical. Puesto que el agua se

mueve a favor de un gradiente de potencial desde el suelo al interior del xilema, es evidente que el potencial osmótico del agua edáfica tiene un efecto directo. El potencial osmótico de las células corticales de la raíz no es muy importante en este proceso. Sin considerar si el agua se mueve através o alrededor de ellas, mientras el potencial de agua en el xilema sea inferior al del agua edáfica, ésta se moverá desde el suelo al xilema. Las plantas pueden, por lo tanto absorber agua de soluciones cuyo potencial osmótico sea mayor que el de las células corticales o absorbentes, siempre que el potencial de agua del xilema sea suficientemente bajo (es decir, que tengan un valor negativo suficientemente alto), (Bidwell, 1979).

Cuando se utilizan aguas de mala calidad para riego, es decir aguas que contienen cantidades elevadas de solutos, estos se van acumulando gradualmente en el suelo, algunos como sales, otros como iones, pero van contribuyendo a elevar el potencial osmótico de la solución del suelo, lo que dificulta la absorción de agua por parte de las raíces de la planta, siendo esta más fácilmente deshidratada como resultado de la transpiración. Por otro lado, al incrementarse la concentración en el suelo de elementos ya sea esenciales o no para la planta estos pueden alcanzar concentraciones tóxicas para las plantas que crecen en dicho suelo.

4.2 CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y LLUVIA ÁCIDA

4.2.1 GENERALIDADES.

La mayoría de las plantas obtienen parte de sus nutrientes esenciales del aire: bióxido de carbono para la fotosíntesis, nitrógeno y azufre para la síntesis de proteínas, oxígeno para la respiración y muchos de los micro y macronutrientes (Witwer y Bukowac, 1969 citados por Zobel, 1988). La absorción de los nutrientes de la atmósfera es especialmente importante en los bosques, ya que los nutrientes de otras fuentes son escasos y la fertilización es todavía un procedimiento de manejo poco frecuente.

Sin embargo, estos procesos de absorción hacen también que las plantas sean susceptibles de sufrir daños por los contaminantes del aire. La mayoría de las sustancias tóxicas existen como gases o finas partículas de aerosol que se difunden rápidamente a través de los estomas abiertos de los árboles y matan las hojas. En algunas áreas, especialmente en torno a fundidoras de metal, los daños pueden ser severos y los bosques no crecerán sino hasta que se pueda disponer de árboles resistentes o la fuente de contaminación haya disminuido, (Zobel, 1988).

Los contaminantes atmosféricos pueden causar muerte, deformación o disminución del crecimiento. Algunos de estos efectos son muy evidentes (Berry, 1961, citado por Zobel, 1988). Las pérdidas más engañosas, más ampliamente distribuidas y más importantes son las debidas a una disminución del crecimiento. Muchos compuestos químicos diferentes son liberados en la atmósfera por fábricas, automóviles, volcanes y muchas otras fuentes. Numerosos gases distintos pueden dañar a los bosques; los más predominantes y nocivos son: ozono, bióxido de azufre, óxido de nitrógeno y los fluoruros, pero en ocasiones participan un sinnúmero de otros compuestos. El que los árboles resulten afectados por los contaminantes

atmosféricos, y el grado de afección de aquéllos, depende de la edad del árbol, la época del año y la condición fisiológica (Berry, 1973 citado por Zobel, 1988).

4.2.2 LLUVIA ÁCIDA.

Otra posible amenaza para los árboles forestales es la lluvia ácida; se utiliza el término posible debido a que aún no existen pruebas claras acerca del balance entre los efectos benéficos y nocivos de los materiales ácidos y acidificantes en el aire. Los óxidos de azufre y de nitrógeno son gases tóxicos, pueden matar árboles individuales o bosques enteros. Pero cuando son transportados a grandes distancias, son transformados químicamente en la atmósfera húmeda en ácidos nítrico y sulfúrico. Estos ácidos pueden depositarse en el suelo y en los árboles. En disolución acuosa, los ácidos se disocian (se separan) en iones H^+ , NH_4^+ , NO_3^- Y SO_4^{2-} que a veces son nocivos o benéficos para las plantas, dependiendo del estado de los nutrientes de éstas, de la concentración y de la condición fisiológica de los árboles, (Zobel, 1988).

Se han sugerido varios mecanismos distintos de los efectos adversos causados por la lluvia ácida (Tamm y Cowling, 1977 citados por Zobel, 1988). Algunas de estas ideas se han verificado mediante experimentos, pero siempre en pruebas de invernadero o de campo con lluvia ácida simulada. Estas pruebas muestran que la lluvia ácida puede dañar a los árboles forestales bajo algunas condiciones. Las ideas que se han propuesto incluyen lo siguiente: erosión de las ceras protectoras de las hojas (Shriner, 1976 citados por Zobel, 1988) y muerte de las raíces por el aluminio movilizado por los ácidos (Ulrich y colaboradores, 1980 citados por Zobel, 1988), ambos procesos predispondrían a los árboles a la sequía. Se ha demostrado que los

daños por el ozono son mayores en plantas que reciben lluvia ácida simulada que en aquellas expuestas a lluvia normal.

Algunos autores (Lee y Weber, 1979 citados por Zobel, 1988) piensan que los efectos de la lluvia ácida serán más severos en la etapa de regeneración en la vida del bosque. Ambos investigadores encontraron que la lluvia ácida reducía en gran parte la germinación de las semillas en el suelo del bosque en el caso de algunas especies y que el desarrollo de la raíz de las plántulas se inhibe.

4.3 CONTAMINACION DEL AGUA.

4.3.1 EL CARÁCTER DE LA CONTAMINACION DEL AGUA:

La contaminación del agua es la adición a la misma de materia extraña indeseable que deteriora su calidad. La calidad del agua puede definirse como su aptitud para los usos beneficiosos a que se ha venido dedicando en el pasado, esto es, para bebida del hombre y de los animales, para soporte de una vida marina sana, para el riego de la tierra y para recreación. La materia extraña contaminante podrá ser o materia inerte, como los compuestos de plomo o mercurio, o materia viva, como la de los microorganismos, (Turk, et al , 1988).

4.3.2 CLASES DE IMPUREZAS DEL AGUA:

Resulta práctico clasificar las sustancias extrañas en el agua según el volumen de sus partículas por que es este volumen el que con frecuencia condiciona la eficacia de los diversos métodos de purificación, Turk y colaboradores (1988) las clasifica de la manera siguiente:

Las partículas suspendidas son las mayores, esto es, las que tienen diámetro de aproximadamente un micrómetro. Son lo bastante grandes para depositarse a velocidades razonables y ser retenidas por los filtros comunes. Son también lo suficientemente grandes para absorber la luz y hacer, en esta forma que el agua que contaminan se vea turbia y sucia.

Las partículas coloidales son tan pequeñas que su velocidad de depósito es insignificante , ya que pasan a través de los agujeros de la mayoría de los medios

filtrantes; por consiguiente, no se las puede eliminar del agua por sedimentación o filtración ordinaria. El agua que contiene partículas coloidales se aclara en el trayecto directo de la luz que la ilumina, pero se podría ver un poco turbia si se le observa a un ángulo recto con respecto al haz lumínico. Los colores de las aguas naturales, tales como el azul, el verde, el rojo de los mares o lagos, son debidos en gran parte a partículas coloidales.

La materia disuelta no se deposita, no es retenida por los filtros y no enturbia el agua, inclusive si se le mira en un ángulo recto respecto al haz de luz. Las partículas de las que dicha materia consta no son mayores de aproximadamente 1/1 000 de micrómetro de diámetro. Si son eléctricamente neutras se les llama moléculas. Y si llevan una carga eléctrica se les designa como iones.

4.3.3 LAS AGUAS RESIDUALES:

La Comisión Nacional del Agua (CNA), 1991 define a las aguas residuales como aquellos líquidos que resultan de la combinación de desechos domésticos, fraccionamientos comerciales, y de servicios públicos y privados, así como industriales, en el caso que los procesos que las generan se encuentran en centros de población y se viertan en un sistema de drenaje y alcantarillado operado por autoridad competente. (publicado en el Diario Oficial de la Federación, 24 de septiembre de 1991).

La aplicación de las aguas negras o residuales en el riego puede ser relativamente benéfica en los rendimientos de los cultivos, pero su abuso en el

transcurso del tiempo resulta perjudicial en el equilibrio de un ecosistema: suelo-planta-atmósfera-hombre.

La práctica de utilizar para riego aguas residuales provenientes de afluentes municipales, es ampliamente conocida y estimada por sus elevados contenidos de macro y micronutrientes; así como por sus concentraciones de materia orgánica que mejora la textura del suelo cultivable. Sin embargo, no es posible generalizar sobre las cualidades benéficas de este aprovechamiento; ya que también se han detectado serios problemas de afectación agrícola derivados en general, del desconocimiento de las características del agua, cultivos y suelos, así como de las técnicas de utilización de tales recursos, (Lagunas, 1995).

4.3.4 EL USO DE LAS AGUAS RESIDUALES PARA RIEGO:

En la actualidad el uso de las aguas residuales para el riego de las áreas verdes en la Ciudad de México es una práctica común que esta poniendo en riesgo el éxito y la supervivencia de las mismas, cuando las plantas son irrigadas con esta agua, son incorporados al suelo metales que están contenidos en ellas, estos pueden ser tomados por las plantas, lixiviados hasta llegar a los mantos acuíferos o bien quedar fijados fuertemente a la matriz del suelo. El camino que siga dependerá del tipo de elemento y su estado químico, del pH, contenido de materia orgánica y de su capacidad de intercambio catiónico, entre otras cosas.

El comportamiento de diversos elementos dependerá de su asociación con otros compuestos y su estado químico; así por ejemplo el cobre, zinc, cadmio, plomo y cobalto se comportan en forma similar en los suelos. Con el pH alto pueden estar como cationes divalentes y en suelos neutros pueden combinarse con los iones

hidroxilo o con otros metales, tal es el caso del arsénico que se combina con el fierro, aluminio, cobalto, manganeso y de esta forma queda retenido en el suelo; el cromo se reduce u oxida quedando en el suelo como precipitado insoluble, (Torres, 1992, citado por Hernandez, 1994).

Este aporte y acumulación de metales y otros elementos en el suelo através del riego con aguas residuales en las áreas verdes, lo va deteriorando, imposibilitándolo para mantener de manera sana a las plantas que se establecen en el, por lo cual se va haciendo necesario un aporte periódico de suelo nuevo que, necesariamente debe provenir de un ecosistema relativamente sano o en equilibrio.

Aún con todos los posibles problemas potenciales que incluye la existencia de patógenos, la generación de enfermedades, los posibles efectos negativos en el suelo y las plantas; se han venido utilizando las aguas negras con y sin tratamiento para el riego de áreas verdes y predios agrícolas.

El uso de afluentes de los desagües en la agricultura no es una práctica nueva y diversas instituciones han elaborado reglamentos para el uso de los afluentes, como el emitido en una reunión de expertos organizada por la Organización Mundial de la Salud, en donde se llegó a la conclusión de que el tratamiento primario de las aguas negras es suficiente para el riego de cultivos que no son de consumo humano directo. El tratamiento secundario, la desinfección y filtración se consideran necesarios cuando esta agua va a ser utilizadas en cultivos para consumo directo, (Lagunas, 1995).

Si bien es cierto que los especialistas consideran que el tratamiento primario de aguas residuales es suficiente para el uso agrícola de estas, entonces se puede pensar que ese tratamiento es sobrado cuando dichas aguas se destinan para el riego de áreas verdes que tienen un uso meramente estético, aunque la necesidad de su existencia también tiene implicaciones ambientales.

Hurtado y Sánchez (1989), mencionan que las sales solubles pueden tener dos tipos de efectos sobre la planta en crecimiento; específicos debido a los iones perjudiciales para la especie, y generales, ocasionados por el aumento de la presión osmótica de la solución del suelo que rodea las raíces de las plantas. Entre los específicos se presentan en primer plano una sensible elevación del pH, causada por carbonatos, los cuales impiden la asimilación de fosfatos, hierro, zinc y manganeso, así mismo, la estructura del suelo se ve modificada, dando lugar a una menor permeabilidad y aireación.

4.3.5 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Se acostumbra a considerar el tratamiento de desechos degradables en tres etapas: 1) tratamiento primario, un cernido y una sedimentación mecánicos de sólidos (que son quemados o enterrados); 2) tratamiento secundario, reducción biológica de materia orgánica, y 3) tratamiento terciario o avanzado, esto es la eliminación química de fosfatos, nitratos, elementos orgánicos y otros materiales, (Odum, 1987).

Los desechos transportados por el agua de fuentes tales como los hogares, hospitales, las escuelas y los edificios comerciales contienen desechos de alimentos, excrementos humanos, papel, jabón, detergentes, polvo, ropa y otros residuos diversos y, por supuesto microorganismos. Esta mezcla se designa como aguas negras, sanitarias o domésticas. Las aguas que contienen desechos, aumentadas en ocasiones por el agua de lluvia que se escurre, corren por una red de tubos de desagüe de las calles. La acción microbiana tiene lugar durante todo el curso: los productos químicos alimentados de alta energía se degradan en compuestos de energía baja, con consumo de oxígeno, (Turk, et al. 1988).

4.3.5.1 TRATAMIENTO PRIMARIO.

Cuando las aguas negras llegan a la planta de tratamiento, atraviesan una serie de tamices que separan los objetos grandes, y luego un mecanismo desmenuzador que reduce todos los objetos restantes a un tamaño suficientemente pequeño para que sean manipulados durante el tratamiento restante. La etapa siguiente consiste en una serie de cámaras de depósito destinadas a eliminar primero el cascajo pesado, tal como la arena, que el agua de lluvia arrastra de la superficie de las calles, y luego, más lentamente cualesquiera otros sólidos suspendidos, incluyendo los elementos nutritivos orgánicos que pueden depositarse poco más o menos en una hora, hasta aquí, el proceso que recibe el nombre de tratamiento primario, ha sido relativamente poco costoso pero no se ha realizado relativamente gran cosa. Si después las aguas negras se vierten en la corriente, la cosa no se ve tan mal porque el agua no lleva sólido visible alguno, pero sigue siendo, un contaminante poderoso porque porta todavía una carga pesada de microorganismos, muchos de ellos patógenos, así como cantidades de nutrientes orgánicos que necesitan más oxígeno para proseguir su desintegración, (Turk, 1987).

4.3.5.2 TRATAMIENTO SECUNDARIO.

La siguiente serie de pasos está destinada a reducir de manera considerable la materia orgánica disuelta, o finamente suspendida, por medio de alguna forma de acción biológica acelerada. Lo que se necesita para la descomposición es oxígeno y

organismos, y un medio en que ambos tengan acceso fácil a los nutrientes. Uno de los dispositivos para lograr esta finalidad lo constituye el filtro de goteo. En este dispositivo, unos tubos largos giran lentamente sobre un lecho de piedras, distribuyendo el agua contaminada en rociados continuos. A medida que el agua gotea sobre las piedras y a su alrededor, ofrece sus nutrientes en presencia de aire a una abundancia de formas de vida. Entra en función una cadena alimenticia de movimiento rápido: las bacterias consumen las moléculas de proteína, grasa e hidratos de carbono; los protozoarios consumen las bacterias. Más arriba de la cadena se encuentran gusanos, caracoles, moscas y arañas. Cada una de estas formas de vida intervienen en la conversión de sustancias químicas de baja energía. Todo el oxígeno consumido en esta etapa representa oxígeno que no se necesitara más adelante una vez que las aguas negras hayan sido vertidas al agua libre, (Turk, 1987).

Una técnica alternativa es la del proceso de lodo activado, después de un tratamiento primario, el agua es llevada hacia un tanque de aireación donde se mezcla durante unas horas con aire y con lodo cargado de bacterias. La acción biológica es similar a la que se realiza en el filtro de goteo. El afluente de la actividad biológica sigue cargado de bacterias, de modo que aun no está en condiciones de ser vertido a una corriente de agua abierta, (Odum, 1987).

4.3.5.3 TRATAMIENTOS TERCIARIOS O AVANZADOS.

Aunque se logra una purificación considerable después de que las aguas negras han pasado a través de las etapas primaria y secundaria, estos tratamientos aún son inapropiados para resolver algunos aspectos complejos de la contaminación del agua. En primer lugar, muchos contaminantes de las aguas negras no quedan eliminados.

En efecto, los iones inorgánicos tales como los nitratos y fosfatos, permanecen en las aguas; estos materiales, sirven según vimos de nutrientes a las plantas, sin embargo en aguas negras, no se sabe la concentración de dichos nutrientes y a la larga pueden ocasionar daños letales a las plantas.

Por otra parte muchos contaminantes provenientes de fuentes específicas, tales como fábricas, minas y escurrimientos agrícolas, no pueden ser tratados por las plantas municipales. Algunas sustancias químicas orgánicas sintéticas que provienen de las fuentes de residuos industriales son ajenas a los tejidos naturales de los alimentos (esto es, no son biodegradables); no solo resisten a las bacterias del sistema de purificación, sino que hasta pueden envenenarlas, anulando así la oxidación biológica que las bacterias proporcionarían, (Turk, et al, 1988).

Existen además contaminantes orgánicos incluidos los ácidos y las sales metálicas, así como partículas suspendidas de tierra, provenientes de operaciones químicas y de fuentes naturales. Los métodos de tratamiento de que se disponen para manipular esos desechos son necesariamente específicos del tipo de contaminante que se trata de eliminar y son muy costosos. Algunas de las técnicas utilizadas en el tratamiento terciario son: Coagulación y sedimentación, Adsorción, Agentes oxidantes y Osmosis inversa; considero que para los fines del presente documento, no es necesario hacer una descripción de cada una de estas técnicas, lo importante de esta sección, es tener la información que nos permita imaginar el contenido de contaminantes presentes en las aguas que solo reciben un tratamiento primario y que son recomendables para el riego tanto agrícola como de áreas verdes urbanas.

4.4 LA HIDROPONIA

4.4.1 Pasado, Presente y Futuro.

El cultivo de las plantas sin tierra, se ha desarrollado a partir de los descubrimientos hechos en las experiencias llevadas a cabo para determinar que sustancias hacen crecer a las plantas y la composición de ellas. Este trabajo sobre los constituyentes de las plantas comenzó tiempo atrás, hacia el año 1600; no obstante, las plantas fueron cultivadas sin tierra mucho antes de esto. Los jardines colgantes de Babilonia; los jardines flotantes de los Aztecas y los de la China imperial son ejemplos de cultivos "hidropónicos", existiendo también jeroglíficos egipcios fechados cientos de años antes de Cristo que describen el cultivo de plantas en agua, (Resh, 1992).

Más recientemente (1930), W.F. Gericke, de la Universidad de California, puso los ensayos de laboratorio de nutrición vegetal a escala comercial, denominando a este sistema de cultivo en nutrientes hidroponics, palabra derivada de las griegas hydro (agua) y ponos (labor, trabajo), literalmente "trabajo en agua", (Resh, 1992).

Los cultivos hidropónicos o hidroponía pueden ser definidos como la ciencia del crecimiento de las plantas sin utilizar el suelo, aunque usando un medio inerte, tal como la grava, arena, turba, vermiculita, piedra pómez o serrín, a los cuales se les añade una solución de nutrientes que contiene todos los elementos esenciales necesitados por la planta para su normal crecimiento y desarrollo. Puesto que muchos de estos métodos hidropónicos emplean algún tipo de medio de cultivo, se

les denomina a menudo "cultivos sin suelo", mientras que el cultivo solamente en agua sería el verdadero hidropónico, (Sánchez y Escalante, 1988).

Los cultivos hidropónicos han llegado a ser una realidad para los cultivadores en invernadero, virtualmente en todas las áreas climáticas, existiendo grandes instalaciones hidropónicas a través del mundo, tanto para el cultivo de flores como de hortalizas. Esta es una ciencia joven, habiendo sido usada bajo una base comercial desde hace solamente cuarenta años; no obstante, aun en este relativamente corto periodo de tiempo, ha podido adaptarse a diversas situaciones, desde los cultivos al aire y en invernadero a los altamente especializados en submarinos atómicos, esto es una ciencia espacial, pero al mismo tiempo pueden ser usados en países subdesarrollados para proveer una producción intensiva de alimentos en áreas limitadas, (Hwterwal, 1979).

4.4.2 COMPONENTES PRINCIPALES DE UN SISTEMA HIDROPÓNICO

4.4.2.1 INFRAESTRUCTURA BÁSICA.

Un sistema hidropónico tradicional se puede realizar bajo cubierta plástica, semicubierta o a cielo abierto dependiendo del cultivo a establecer y de las

condiciones climáticas de la región. El sistema contempla la existencia de un contenedor para el sustrato que se empleará; dicho contenedor puede consistir en bolsas de polietileno, macetas, charolas, láminas de asbesto, bancales, camas hidropónicas, tubos de P.V.C., entre otros dependiendo de los requerimientos específicos de la planta. El sustrato a emplear también depende de varios factores, entre ellos la facilidad para conseguirlo, el costo financiero, su capacidad de retención de agua, entre otros. El sustrato puede ser: arena, tezontle, vermiculita, perlita, cascarilla de arroz, turba vegetal, y cualquier otro material que reúna los requerimientos técnicos.

4.4.2.2 LOS CONTENEDORES.

Se definen como aquellos recipientes de distinto tamaño, forma y material cuya función es mantener el sustrato en el cual se cultivarán las plantas. El contenedor debe tener las siguientes características: tamaño suficiente acorde a la especie a cultivar, permitir un adecuado drenaje, debe ser impermeable, económico, durable, resistente, opaco y ser químicamente inerte. Las funciones de los contenedores son las de brindar una protección al sistema radical, evitar la contaminación de la raíz con patógenos del suelo, permitir un uso eficiente de la solución nutritiva así como un buen control de maleza.

4.4.2.3 SUSTRATOS.

El sustrato a utilizar es un material sólido, inerte que proporciona anclaje y soporte a las raíces de la planta como lo hace el suelo; y debe tener las siguientes características:

A) Físicas: Retención de humedad, capilaridad, excelente drenaje, buena estabilidad estructural, ligero en peso y no presentar aristas agudas.

B) Químicas: Químicamente inerte, es decir, no debe reaccionar con la solución nutritiva.

C) Biológicas: Biológicamente inerte, es decir, libre de patógenos y de materia orgánica.

D) Económicos: Disponible en la zona y de bajo costo.

4.4.2.4 DISOLUCIÓN NUTRITIVA.

En los cultivos hidropónicos, todos los elementos esenciales se suministran a las plantas disolviendo las sales fertilizantes en agua, para preparar la disolución de nutrientes.

La calidad del agua es de gran importancia en los cultivos hidropónicos. El agua con un contenido de cloruro de sódico de 50 ppm o aún más no es aconsejable para

poder obtener un desarrollo óptimo de las plantas. Conforme el contenido de cloruro sódico se va elevando, el desarrollo o crecimiento de las plantas va disminuyendo, muriendo por último cuando se alcanzan esos niveles. Además del contenido de cloruro sódico, deberá considerarse a la vez la cantidad total de solutos que se encuentran disueltos en la disolución nutritiva. La dureza del agua es una medida del contenido de carbonato. Conforme aumenta la dureza, el pH se incrementa, ciertos iones como el fierro quedan bloqueados, (Sánchez y Escalante, 1988).

Respecto a la calidad del agua para la preparación de soluciones nutritivas, Resh (1992), cita que las aguas duras contienen sales de calcio y magnesio; teniendo normalmente niveles aceptables para ser utilizadas en cultivos hidropónicos, pues tanto el calcio como el magnesio son elementos esenciales en la preparación de los nutrientes y, ordinariamente la cantidad de ellos que se encuentran presentes en las aguas duras es mucho menor que las que suelen usarse en dichas disoluciones. La mayoría de las aguas duras contienen el calcio y el magnesio como carbonatos o sulfatos. Mientras que el ion sulfato es un nutriente esencial, el carbonato no lo es; no obstante, en bajas concentraciones, el carbonato no daña a las plantas, (Resh, 1992).

La disolución nutritiva provee en primer momento, el agua que la planta requiere y a su vez, esta debe contener en forma y cantidad a los elementos esenciales para el desarrollo de dicha planta.

En los cultivos hidropónicos, todos los elementos esenciales se suministran a las plantas disolviendo las sales fertilizantes en agua, para preparar la disolución de nutrientes. La elección de las sales que deberán ser usadas dependerá de un

elevado número de factores. La proporción relativa de los iones que debemos añadir a la composición se comparará con la necesaria en la formulación del nutriente, (Resh, 1992).

Las diferentes sales fertilizantes que podemos usar para la disolución de nutrientes tienen a la vez diferente solubilidad. La solubilidad es la medida de la concentración de sal que permanece en disolución cuando disolvemos ésta en agua; si una sal tiene baja solubilidad solamente una pequeña cantidad de ésta se disolverá en la misma.

En los cultivos hidropónicos, las sales fertilizantes deberán tener una alta solubilidad, puesto que deben permanecer en solución para poder ser tomadas por las plantas. (Resh, 1992).

El uso de quelatos (hierro, manganeso y zinc) es altamente recomendable, puesto que permanecen fácilmente en la disolución y están siempre disponibles para las plantas, incluso bajo condiciones variables de pH. Una sal de quelato puede definirse como un compuesto orgánico soluble, al cual los elementos minerales se adhieren hasta que son tomados por las raíces de las plantas; el compuesto orgánico es el EDTA (ácido etileno – diaminotetra acético). El EDTA tiene una gran afinidad por los iones cálcicos, y es por esto un pobre agente de acción de quelato para un medio calcáreo (piedra caliza, arena coralífera). En este caso debería reemplazarse por EDDHA (ácido etilendiamino dihidroxifenil acético). (Resh, 1992).

4.4.3 IMPUREZAS DE LOS FERTILIZANTES.

La mayoría de las sales fertilizantes no son puras al cien por ciento, pues a menudo contienen materias inertes, tales como partículas de arcilla, arena y limo, las cuales no aportan ningún ion. Así pues, es preciso contar con la información del fertilizante donde aparezca un análisis garantizado que indique el porcentaje de pureza (Resh, 1992).

4.4.4 PREPARACION DE LA DISOLUCION NUTRITIVA.

Para la adecuada preparación de la solución de nutrientes, es recomendable seguir estos pasos:

1. Pesar las sales fertilizantes de forma individual, colocando ésta sobre un material impermeable para que no haya pérdidas. Esto deberá efectuarse asegurándose que exista una variación de más menos 5% en una escala de gramos.

2. Llenar el tanque de disolución con agua, hasta un 10% del volumen final.

3. Disolver de forma individual cada sal en un recipiente suficientemente grande y lleno de agua, y agregarlo al tanque de solución. Repetir esto una y otra vez añadiendo el agua necesaria hasta que la totalidad de la sal haya sido disuelta. Cuando las sales sean difíciles de disolver, utilizar agua caliente.

4. Disolver primero los micronutrientes, después los macronutrientes.

5. En pequeños sistemas, pueden mezclarse juntos todos los sulfatos antes de disolverse, luego los nitratos y sulfatos pueden también ser mezclados en forma seca.

6. Comprobar el pH de la disolución de nutrientes y ajustarlo bien con ácido sulfúrico o con hidróxido de potasio.

7. Hacer circular la disolución de nutrientes através del sistema de riego por unos 10 minutos, comprobar el pH y ajustar éste entre 6.0 y 6.5. Finalmente, añadir los nutrientes.

La vida útil de una disolución nutritiva depende principalmente del porcentaje de acumulación de iones extraños que no son utilizados por las plantas de forma inmediata. Tales acumulaciones dan como resultado una elevación de la concentración osmótica de la disolución. Al incrementarse el nivel de sales totales se incrementará también rápidamente la conductividad eléctrica, de modo que pruebas periódicas de la conductividad eléctrica, nos pueden dar una estimación de la concentración de sales en la disolución nutritiva. En general, nunca debería utilizarse la disolución nutritiva por un espacio mayor de tres meses sin que se efectúe un recambio completo de ella, a la vez que se efectúa un lavado de la totalidad del sistema. La vida media económica de una disolución nutritiva que haya sido ajustada por medio de análisis semanales suele ser de dos meses. En el caso de que no se efectúe dicho análisis, la vida de la disolución no podría ser mayor de dos a tres semanas, (Resh, 1992).

V. ANÁLISIS..

Sin necesidad de recalcarlo, todos estamos consientes de la importancia que reviste el hecho de acompañarse de arboles y plantas en una ciudad, independientemente del nivel de contaminación que esta pueda alcanzar, pero esta necesidad por si misma, no justifica que ese proceso de adopción esté ocasionando un daño considerable aunque inapreciable a corto plazo en los ecosistemas cercanos a nuestra ciudad, ya que estos aunque fuera del límite político de ella, también aportan beneficios considerables, y al ser también estos beneficios inapreciables, no se intenta detener dicho deterioro. El principal problema es la pérdida del suelo. En el caso de la agricultura, se habla de una erosión acelerada del suelo por que este se pierde por la acción del viento o del agua de lluvia principalmente, favorecido esto por las características topográficas del lugar y por que un predio agrícola permanece sin cubierta vegetal mientras se prepara un segundo cultivo o en su caso mientras se esperan condiciones atmosféricas favorables; esto, nos hace creer que en un ecosistema bosque por ejemplo, la erosión del suelo no existe o se dá en muy baja escala, ya que en ese ecosistema, existe una cubierta vegetal permanente y el suelo no es removido constantemente como en el caso del de uso agrícola, pero viendo el fenómeno de la erosión como un proceso de pérdida de suelo, entonces existe en un bosque otro tipo de perdida de suelo, constituida por el saqueo de tierra negra. Lo considero un saqueo por que el suelo es un recurso que no puede estar en venta ya que él representa la garantía que un ecosistema tiene para poder permanecer en el tiempo y en el espacio, por lo que no puede ser legalmente permitida la explotación de dicho recurso y menos aun en los bosques aledaños en este caso a la Ciudad de México, ya que ello esta representando por un lado la anulación del soporte principal del bosque, la pérdida de la capa más fértil del suelo, la misma que contiene todo aquel reservorio de semilla que es capaz de generar la masa de arboles, y que en un momento dado, puede ser la fuente de una vegetación sucesiva ante un caso de siniestro; por otro lado, se empiezan a presentar terrenos expuestos que son blanco fácil de invasiones o en su caso fraccionadores que no hacen otra cosa más que

incrementar la mancha urbana en detrimento del contorno natural que tanto necesita esta ciudad.

La razón principal por la que se pierde el suelo de los bosques aledaños a esta ciudad, es porque existe una fuerte demanda de éste por parte de los propietarios de jardines, esto sin contar los volúmenes que se requieren para el mantenimiento de áreas verdes y jardines públicos así como todos aquellos viveristas que lo requieren constantemente para la producción de plantas y árboles de ornato. Aparentemente esta actividad del viverismo y jardinería tiene un ineludible beneficio ecológico para nuestra ciudad y eso es muy cierto pero cabe preguntarse cual es el precio que se está pagando por contar con dicho beneficio al interior de nuestra Ciudad. Si solo vemos lo que sucede al interior e ignoramos el daño al exterior, puede llegar el momento en que perdamos esos ecosistemas, incrementándose con ello la contaminación y la degradación general de la totalidad del medio ambiente.

Además de la amenaza que representa la pérdida del suelo en el bosque, también debemos recordar que estos están siendo dañados a su vez de manera gradual y constante por el fenómeno de la lluvia ácida que se presenta, ante los niveles de contaminación del aire que a la fecha se ha alcanzado en la Ciudad de México. Esto, sin contar otros aspectos como la tala clandestina, los incendios provocados y la urbanización desorganizada.

A su vez, las áreas verdes de la Ciudad, enfrentan también una serie de problemas característicos, uno de ellos es que también soportan las condiciones de contaminación del aire, las agresiones de los ciudadanos y por si esto fuera poco, el riego con aguas negras tratadas parcialmente, que como ya se ha visto, con solo el tratamiento primario que se les dá, se está aportando al suelo grandes cantidades

de contaminantes que lo están deteriorando tanto como a las plantas que en él crecen. Este deterioro de las áreas verdes quizá no es muy apreciado porque el suelo, una vez que se detectan problemas de ensalitramiento, impermeabilidad o fitosanitarios entre otros, es reemplazado por suelo "nuevo" traído del ecosistema bosque circundante a la Ciudad. El problema, es complejo y quizá no exista una solución única que nos garantice la permanencia en el tiempo de esos bosques, porque también una Ciudad en constante crecimiento tiene una demanda creciente del recurso en cuestión. Sin embargo, considero que la adopción de la hidroponía en la construcción de los jardines urbanos, puede ser una estrategia que nos permita disminuir la demanda del recurso suelo, a fin de contribuir a que éste no sea extraído del bosque y con ello disminuir el daño que se esta haciendo al medio ambiente circundante a la Ciudad..

Es indudable que los costos de construcción de un jardín hidropónico con respecto a un jardín tradicional son más elevados en primer lugar por que requieren de la asistencia de personal calificado, después, se necesitan materiales que son más costosos y un mantenimiento también especializado en ciertos aspectos, como pueden ser la preparación de disoluciones nutritivas; pero el costo ambiental que se está pagando por la construcción y mantenimiento de los jardines tradicionales, está siendo muy alto y lo peor de todo esto, es que no queremos darnos cuenta de ello.

La adopción de la hidroponía, aplicada a jardines urbanos no es un proceso que se pueda dar fácilmente, pero si es probable.

La cuestión sería quien podría o estaría dispuesto a aceptarlo. Como ya se mencionó, debemos considerar que una buena parte de la población de esta Ciudad, pertenece a una clase opulenta, propietaria de una considerable extensión de

jardines residenciales, que en buena medida están demandando tierra negra; dicha parte de la población, tiene los recursos para adoptar la técnica. Además, debemos considerar que a su vez la hidroponía, implica un uso más eficiente del agua, y sabiendo el esfuerzo económico y humano que implica abastecer de agua a esta ciudad, resulta por demás obvio el benéfico adicional que implicaría la adopción de la hidroponía, toda vez que una buena parte del agua potable que llega a la Ciudad de México es utilizada para regar los jardines de ese sector de la población al que me referí anteriormente.

Finalmente, está claro que la adopción de la hidroponía en los jardines urbanos, implicaría beneficios ecológicos tanto para la ciudad como para su entorno natural, ya que se estaría conservando a los bosques y a su vez incrementando las áreas verdes exitosas de la Ciudad, y también los beneficios que ellos implica.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

La hidroponía es una técnica limpia que garantiza con un buen manejo, la obtención de plantas sanas y exitosas, por lo que es viable su utilización en la construcción de jardines y áreas verdes, la factibilidad de su uso, puede depender de diversos factores, que requieren estudios específicos de evaluación, pero es indudable que la utilización de dicha técnica, puede acarrear numerosos beneficios ambientales, que indudablemente tienen mayor impacto que aquel que puede significar el costo económico de su implementación.

El hecho de disminuir la demanda de suelo mediante la utilización de la hidroponía, implica que los bosques de los cuales es extraído actualmente, mantengan un equilibrio, permanezcan y podamos seguir recibiendo los beneficios ambientales que ellos representan ya que juegan un papel muy importante en la renovación del aire de la ciudad, como reguladores térmicos, así como proveedores de humedad, entre otros numerosos beneficios que quizá no apreciamos, porque aun no conocemos la situación que implicaría su mayor deterioro.

El agua que se provee a la Ciudad de México, implica grandes esfuerzos que tienen un costo y el solo hecho de optimizar el uso de este recurso es una razón sobrada que tiene gran impacto, ya que por un lado, el uso energético de este servicio disminuiría, y por otro, sería posible que aquellas regiones de las cuales proviene el agua, también contarán con los beneficios de este recurso.

Las áreas verdes de la Ciudad de México, sobreviven en un medio muy agresivo; dicha agresividad, puede alcanzar niveles que pongan en peligro la existencia de las mismas, ya que en primer lugar, no son regadas con agua de calidad aceptable, lo que a mediano plazo, estará significando una amenaza para las mismas, toda vez que una gran cantidad de elementos tanto nutrientes como tóxicos se están acumulando en el suelo, lo cual esta ocasionando daños severos en las plantas de dichas áreas, así mismo, la contaminación del aire, representa una amenaza seria, la adopción de la hidroponía en aquellas áreas factibles, implicaría un ahorro de agua que bien pudiera utilizarse en el riego de áreas verdes importantes y en las que la hidroponía no fuese viable.

Por otra parte, con relación a los costos, debemos considerar que las personas que cuidan de la decoración con plantas en las estancias de Edificios Públicos, Restaurantes, Industrias, Tiendas, Asilos y Hospitales; es decir, aquellos lugares en que las plantas mantenidas en tierra tienen que llevar una vida raquítica y, pese a ello ocasionan grandes costos, mientras que unas plantas cultivadas correctamente en hidroponía cumplen a la larga; y con mucho menos gastos, lo que esperamos de ellas.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

VII. BIBLIOGRAFIA

Fuller, H. y Carethers, Z. BOTÁNICA. Interamericana, México, 1989.

Hernández, A. J. ESTUDIO DEL USO DE AGUAS RESIDUALES CON FINES DE

RIEGO PARA EL CULTIVO DE LA ALFALFA (*Medicago sativa*), EN EL

MUNICIPIO DE TEOLOYUCAN, ESTADO DE MEXICO. TESIS Ingeniero

Agrícola, U.N.A.M., México, 1994.

Hwterwal, G. O. HIDROPONÍA, Cultivo de Plantas sin Tierra. Albatros,

Argentina, 1979.

Jensen. W., Salisbury, F. BOTÁNICA. Mc. Graw Hill, México, 1987.

Lagunas, L. E. CONTAMINACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS POR AGUAS

NEGRAS. TESIS Ingeniera Agrícola, U.N.A.M., México, 1995.

Leff, E. ECOLOGÍA Y CAPITAL. Universidad Nacional Autónoma de México,

México, 1986.

Odum, E. P. ECOLOGÍA. Interamericana, México, 1987.

Resh, H. M. CULTIVOS HIDROPÓNICOS. Mundi-Prensa, España, 1992.

Bidwell, R. G. S. FISIOLOGÍA VEGETAL. A.G.T. Editor, S.A. México, 1979.

Sánchez, C. F. y Escalante, R. E. **HIDROPONÍA, PRINCIPIOS Y METODOS DE CULTIVO.** PATUACH. Chapingo, México, 1988.

Schubert, M. **MANUAL PRÁCTICO DE HIDROCULTIVO.** Omega, S.A. Barcelona, España, 1981.

Torres, C. **FERTILIDAD DE SUELOS.** Universidad Nacional Autónoma de México. México, 1996.

Turk, A., Turk, J. y Wittes, J. **ECOLOGÍA, CONTAMINACIÓN Y MEDIO AMBIENTE.** Interamericana, México, 1988.

Turk, A., Wittes, J. y Wittes, R. TRATADO DE ECOLOGÍA. Interamericana,

México, 1987.

Zobel, B. y Talbert, J. TÉCNICAS DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE ÁRBOLES

FORESTALES. Limusa, México, 1988.