

Agricultura urbana: Sistemas de implementación de cultivos hidropónicos

Grupo de investigación:

Ricardo A. Forero R.* Hollman G. Parra** Ricardo A. Luna C.*** Edwin R. Rivera C.****

Recibido: 18 de octubre de 2011 / Aceptado: 22 de noviembre de 2011

ABSTRACT

This review article seeks to show the different hydroponics systems that exist and how these can be an alternative to traditional agriculture and mainly in urban areas. This by to population growth and change in construction of housing. Moreover, an additional advantage of using hydroponics is the ability to obtain products free of chemical insecticides and other harmful pollutants, which is derived in obtaining organic food.

Hydroponics is the most appropriate way to harvest to the current socio-economic environment of urban centers as well as being simple, clean and economical, no matter the type of plant: ornamental, medicinal and/or food.

Keywords - Urban Agriculture, Crops Hydroponics, Plants, Substrates, Soil, Nutrients, Irrigation

RESUMEN

En el presente Artículo de Revisión, se busca mostrar los diferentes sistemas de cultivos hidropónicos que existen y como estos pueden ser una alternativa a la agricultura tradicional y principalmente de siembra en las zonas urbanas. Lo anterior debido, al crecimiento poblacional y al cambio en la construcción de la vivienda. Por otra parte, una ventaja adicional de emplear cultivos hidropónicos, es la posibilidad de obtener productos libres de insecticidas químicos y otros contaminantes nocivos, lo cual, deriva en la obtención de alimentos orgánicos.

La hidroponía es la forma más apropiada para cosechar debido al entorno socioeconómico actual de los centros urbanos, además de ser sencilla, limpia y económica; sin importar la tipología de la planta, ya que pueden ser: ornamentales, medicinales y/o de producción alimentaria.

Palabras clave - Agricultura Urbana, Cultivos Hidroponía, Plantas, Sustratos, Suelo, Nutrientes, Riego.

* Director Línea Investigación Materiales y Procesos, Docente Investigador, Facultad de Ingeniería, Ingeniería Mecánica. Magister en Ingeniería - Materiales y Procesos, Universidad Nacional de Colombia. Docente en las cátedras de Procesos de Manufactura y la Electiva Plásticos y Compuestos.

** Estudiante de Ingeniería Mecánica y Estudiante Co-investigador.

*** Estudiante de Ingeniería Mecánica y Estudiante Co-investigador

**** Director Línea Investigación Modelamiento y Simulación Computacional, Docente Investigador, Facultad de Ingeniería, Ingeniería Mecánica.

INTRODUCCIÓN

En el mundo las ciudades han crecido y siguen aumentando su densidad poblacional, un ejemplo de ello es Bogotá que según el DANE, en el año 2005 se estimaba una población de 6'840.116; hoy en el año 2011, esa población ha aumentado a 7'467.804 y las proyecciones que se tiene para el año 2020, dicen que esta cifra ascenderá a 8.380.801 (DANE, 2011); debido a este crecimiento y a la reducción de zonas verdes en las ciudades, se deben buscar alternativas de producción que permitan obtener alimentos, plantas medicinales y ornamentales, en espacios reducidos, con pocas posibilidades de siembra y con recursos limitados de riego.

Adicionalmente, con el aumento del consumo de alimentos orgánicos, también se hace importante, el poder contar con métodos de producción que permitan disminuir al máximo el uso de fertilizantes e insecticidas de fuentes químicas, remplazándolas por agentes orgánicos.

De igual modo, los cambios en los tipos de construcción, principalmente los de vivienda, los cuales han pasado de casas amplias, con patios y antejardines, por apartamentos estrechos, con pequeñas terrazas en algunos casos. De igual modo, los parques, colegios, algunas universidades, así como edificios del gobierno, han venido disminuyendo sus zonas verdes, por zonas en concreto para el mejor aprovechamiento económico del espacio y, en algunos casos, por cuestiones de salubridad pública, que hacen necesario implementar dispositivos que permitan traer la naturaleza a las ciudades.

Sin embargo, la velocidad con la que se mueve el mundo moderno, los compromisos, los desplazamientos, etc., hacen que se dificulte el mantenimiento y sostenimiento de estas zonas en las ciudades.

Por lo anterior, se vuelve una alternativa viable, en las ciudades, la incorporación de sistemas de cultivos hidropónicos, con sistemas autónomos de riego que permitan a los propietarios la sostenibilidad del sistema, con una atención básica y periódica de por lo menos cada ocho días, haciendo esto, que no se requiera de su control constantemente.

ANTECEDENTES

Los orígenes de la hidroponía provienen del tiempo de los Aztecas y los Mayas, quienes hicieron los primeros sistemas de cultivo en una mezcla de agua y tierra. En

el siglo XVII empiezan a surgir los primeros experimentos relatados por Sir Jhon Woodward, y en 1935 William Frederick Gericke, catedrático de la Universidad de California, llamó a estos sistemas: "Sistemas Hidropónicos". Sin embargo, para la gran mayoría de las publicaciones en temas hidropónicos aceptan como antecedentes: los jardines colgantes de Babilonia y a los jardines flotantes de China (Carlos Arano, 2007).

Hoy en día, en el mundo se emplea la hidroponía como un mecanismo de producción de alimentos con carácter comercial y social. En Colombia, este sistema fue promovido por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO (por sus siglas en inglés Food and Agriculture Organization), para superar la pobreza desde hace unos 27 años (Antonio Rosas, 2009).

La palabra hidroponía proviene de la combinación de dos palabras griegas (hidro = agua y ponos = trabajo), es una técnica de producción de cultivos sin suelo como sustrato. Los alimentos y el soporte que necesitan las plantas son proporcionados mediante una solución nutritiva, la cual, básicamente, la componen nutrientes minerales disueltos en agua; y un sustrato inerte que es el encargado de dar soporte y retener dichos nutrientes (Mónica Correa, 2009).

La producción sin suelo permite obtener plantas de todo tipo, como por ejemplo hortalizas, flores, frutas, pastos para forraje, plantas ornamentales, plantas medicinales, entre otras, con excelente calidad, optimizando el uso de agua y de fertilizantes. De esta manera, se logran obtener cosechas durante los 12 meses del año y cosechas en lugares donde por siembra tradicional no se podría obtener vida.

VENTAJAS

- Tienen una mayor eficiencia en el uso del agua.
- Son apropiados para ocupar espacios pequeños como techos, paredes, terrazas.
- Se obtiene mayor cantidad de plantas por metro cuadrado.
- Menor número de horas de trabajo.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: NUEVOS MATERIALES

- No es necesaria la rotación de los cultivos debido a la no existencia de suelo.
- Reducción en la aplicación de agroquímicos.

DESVENTAJAS

- Elevado costo inicial, debido a las inversiones que se tiene que realizar, dependiendo del sistema y del tipo de control elegido.
- Conocimiento de la botánica de la especie a cultivar.
- Siembra sobre igual piso térmico o adecuación térmica del entorno.

MÉTODOS O SISTEMAS UTILIZADOS

Existen diversas alternativas y modalidades, estas se pueden escoger según: disponibilidad de sustratos, cantidades de agua, costo de montajes y especies que se vayan a cultivar.

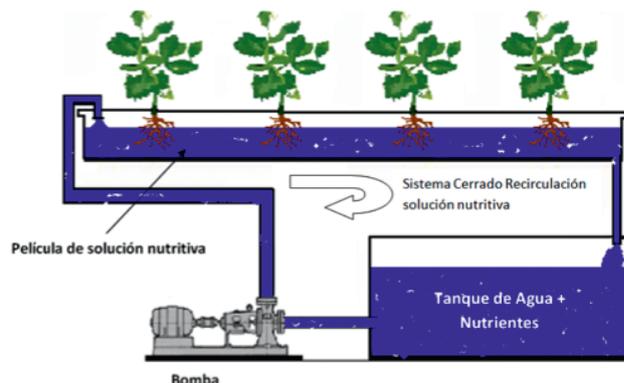
De esta manera, ¿el cuándo?, ¿el cómo?, ¿el qué sistema? y ¿qué cultivo? se debe aplicar a estos sistemas de producción, deben ser resultados a partir de una serie de valoraciones que deben realizarse frente a cada circunstancia, contemplando elementos tales como: costos, calidad de los recursos, abundancia y disponibilidad. (José Hernández, 1987).

Entre los sistemas más utilizados, se encuentran dos:

- **Sistemas Cerrados.** Son aquellos, en los cuales la solución nutritiva circula por todo el cultivo, después de su recorrido se almacena para volver a hacer reutilizado. En este caso, la solución nutritiva debe ser cuidadosamente estudiada además que se debe reponer el agua y los nutrientes que vaya consumiendo la planta (Miguel Urrestarazu, 2004).
- **Sistemas Abiertos.** Son aquellos en el que la solución nutritiva es la suficiente y lo que drenaje no es reutilizado, ya que es mínimo (Antonio Rosas, 2009)

El método de cultivo en agua o en medio líquido es donde la raíz está sumergida en un medio líquido que contiene los nutrientes necesarios por la planta, sin necesidad de sustrato; la técnica más utilizada es la N. F. T. (Técnica de cultivo en flujo laminar), donde las raíces desarrolladas reciben el flujo laminar de agua con nutrientes en el día.

Figura 1. Técnica de Cultivo en Flujo Laminar (NFT).

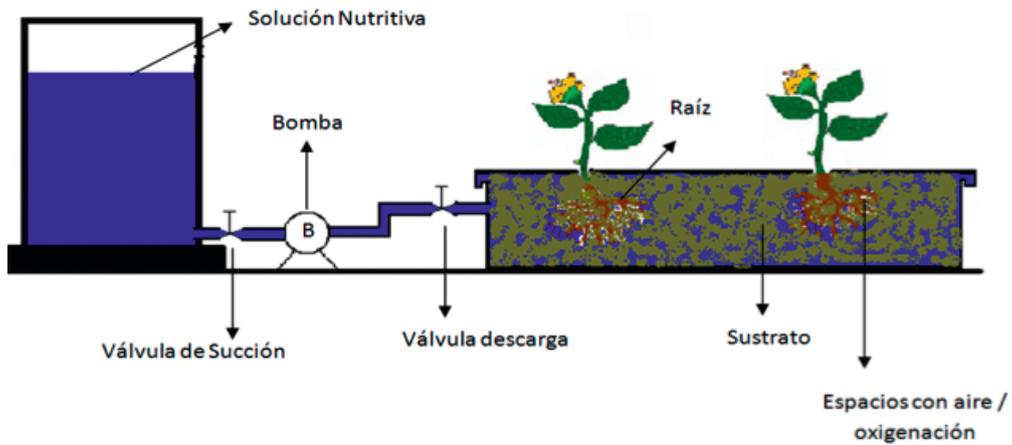


Fuente: Los Autores.

Los métodos dependen del tipo, forma y desarrollo del cultivo, entre los cuales tenemos: el de raíz desnuda o al aire (Aeroponía), el de raíz en agua y el con sustrato (Felipe Calderón, 1990).

El método de cultivo en agua o en medio líquido es donde la raíz está sumergida en un medio líquido que contiene los nutrientes necesarios por la planta, sin necesidad de sustrato; la técnica más utilizada es la N. F. T. (Técnica de cultivo en flujo laminar), donde las raíces desarrolladas reciben el flujo laminar de agua con nutrientes en el día, ver Figura 1.

Figuras 2. Técnica de Cultivo en Sustrato.

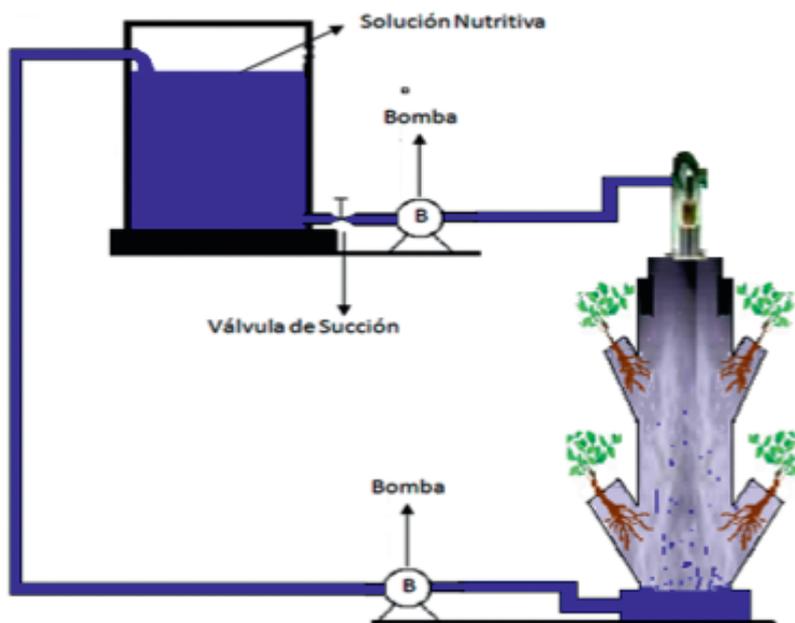


Fuente: Los Autores.

En el de raíz con sustrato, la raíz se ubica en un medio sólido o sustrato el cual debe tener propiedades como retención de humedad, inocuidad, drenaje y aireación. Este sistema debe complementarse por medio de riego para suministrar la solución nutritiva (conformada por el agua más los nutrientes esenciales) (Howard Resh, 2001). Es la modalidad más utilizada en Latinoamérica, ver Figura 2.

El sistema hidropónico más moderno es el sistema por aeroponía, ver Figura 3. El primer sistema aeropónico fue desarrollado por el doctor Franco Massantini en la Universidad de Pía (Italia), lo que permitió crear las denominadas columnas de cultivo (Evaristo Martínez, 2000) que consisten en que las raíces de la planta se encuentran suspendidas y son alimentadas por una solución en forma de neblina.

Figura 3. Técnica de Cultivo por Aeroponía.



Fuente: Los Autores.

Se encuentra otro método hidropónico el cual es conocido como organopónico o geoponía, es similar al de la raíz con sustrato, siendo su diferencia la forma de alimentación del nutriente, puesto que en ésta la nutrición es mediante sólidos; es decir, se coloca un sustrato sólido que satisfaga los requerimientos nutricionales para el desarrollo de las plantas, siendo menos intensiva, lo que da como resultado una producción más lenta. El sustrato más utilizado es humus de lombriz.

COMPONENTES DE UN CULTIVO HIDROPÓNICO

- **Planta.** Inicia a partir de la semilla, esta es la materia prima mediante la cual obtenemos la planta, que luego de pasar por una germinación produce una plántula que tiene raíz, tallo y hojas y es trasplantada al cultivo hidropónico. Para cada diferente tipo de planta, se requieren condiciones específicas de agua, aire y luz (Antonio Rosas, 2009).

- **Sustratos.** En agricultura sustrato se refiere a todo material, natural o sintético, mineral u orgánico, de forma pura o mezclado (José Hernández, 1987). Dentro de los cultivos, es necesario considerar el elemento que se utiliza para reemplazar el suelo, el cual servirá como soporte y medio en el cual se transportará el agua, los nutrientes y el oxígeno, además de ser el medio oscuro para el desarrollo del sistema radicular, función que es vital para crecimiento de la planta (Howard Resh, 2001).

Existen una gran cantidad de materiales que pueden ser utilizados para la elaboración de sustratos, y su elección depende de la disponibilidad, precio y las características propias de éste (Antonio Rosas, 2009).

Un sustrato hidropónico, debe reunir las siguientes características (José Hernández, 1987), ver Figura 4:

- **Debe ser liviano.** El peso determina, la calidad del montaje, los tipos de camas o canales, los soportes

para manejar columnas y el valor de la infraestructura, al afectar el tipo de construcción.

- **Debe retener la humedad.** La retención de agua por el sustrato, en cantidades adecuadas y de forma homogénea, determina la posibilidad de la planta para cumplir con las funciones metabólicas. Esta característica depende de la granulometría y de la porosidad de las partículas que componen el sustrato.

- **No debe encharcarse.** Es una complementación de la retención de humedad. La homogenización de la humedad, debe hacerse sin que se presenten encharcamientos.

- **Debe permitir una buena aireación.** En hidroponía un factor importante es la absorción de oxígeno a través de las raíces; por ello es necesario un correcto suministro a través del sustrato; al parecer la oxigenación y el adecuado espacio para el desarrollo radicular, son factores de orden primario para la producción.

- **Debe ser inerte químicamente.** Dado que a los cultivos hidropónicos se les deben suministrar los nutrientes en forma y cantidad adecuada, es necesario cuidar la composición del mismo, evitando que sustrato reaccione con los nutrientes u otros, generando inconvenientes en la nutrición y, por ende, en el desarrollo de la planta.

- **Debe ser inerte biológicamente.** A diferencia del suelo, el sustrato es un medio ausente de actividad biológica; en este sentido, cualquier presencia de insectos o patógenos, tiene un carácter explosivo, ante la total ausencia de controles naturales.

- **Debe estar disponible.** Ésta es una condición lógica, pero a veces no tenida en cuenta; generalmente, el sustrato ideal no está disponible y olvidamos recursos de la región que eventualmente pueda reemplazarlo.

Geoponía: Proviene del griego (Geo= Tierra Y Pono= Trabajo).

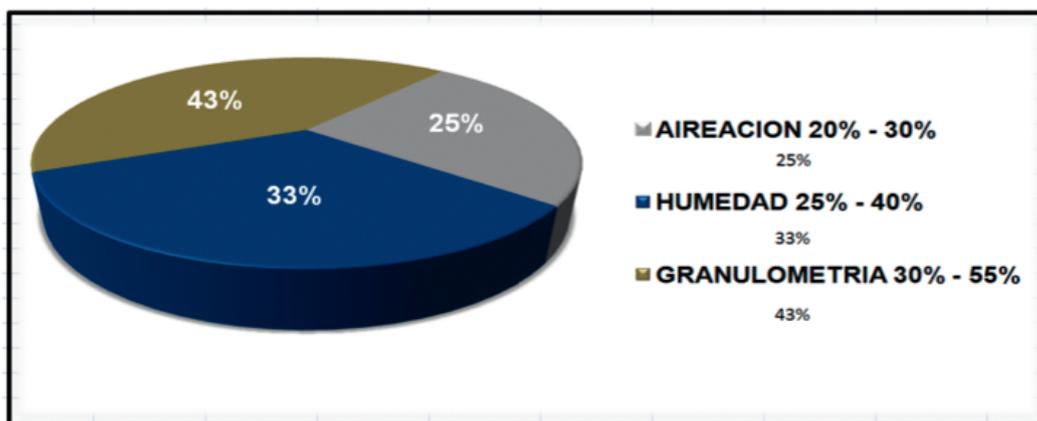
Germinación: Conjunto de fenómenos relativos al inicio del desarrollo de semillas y esporas. El crecimiento produce una nueva planta, llamada planta criada de semilla o plántula. Para que una semilla o una espora germine, las condiciones alrededor de ella tienen que ser las adecuadas a su entorno.

Plántula: Embrión que empieza a desarrollarse por el acto de la germinación.

Sistema Radicular: Conjunto de raíz de la planta.

- **Debe ser de bajo costo.** Generalmente, este factor determina, antes que otras condiciones, el sustrato que se va a utilizar y usualmente el principal factor de costos es el transporte, lo cual nos lleva a analizar, dentro de las posibilidades y las condiciones del sitio, la escala de costos que implica uno u otro sustrato.

Figura 4. Principales Características en % de un Buen Sustrato



A partir de estas características, podemos reconocer algunos de los tipos de sustratos utilizados actualmente, cabe aclarar que éstos no necesariamente son los mejores, ni los más completos, ni los únicos que se puedan usar.

- **Gravas.** Son buenos elementos en la hidroponía de subirrigación, dado que por el tamaño de las partículas no presentan buena distribución del agua horizontalmente; por otra parte, lo afilado e irregular de sus partículas, pueden generar problemas en los tallos de las plantas (José Hernández, 1987).

- **Escorias.** Son residuos de alto horno, muy utilizadas por floricultores para enraizamiento. Se debe cuidar la granulometría, ya que, si es muy fina produce encharcamientos, tiende a degradarse físicamente hasta quedar en polvo (Carlos Cadahía, 2005).

- **Cascarilla de arroz.** Es un sustrato biológico de baja tasa de descomposición, dado su alto contenido de silicio. Es liviano y su principal costo es el transporte, dado que es un desecho de los molinos. Presenta características como un buen drena-

je, buena aireación, inercia química, aunque puede presentar problemas por herbicidas (Evangelista Rodríguez, 1989).

- **Ladrillos y tejas molidas.** Son buenos sustratos como retenedores de humedad, dada su extraordinaria porosidad, es necesario cuidar su origen. Las partículas de molienda, entre 0,5 y 2 cm, conforman una buena granulometría (Evangelista Rodríguez, 1989).

Otros sustratos utilizados como el icopor, algunos poliuretanos, si bien pueden tener características favorables para este tipo de cultivos, son de baja utilización debido a su costo (Antonio Rosas). En la Tabla 1, se puede observar la comparación entre diferentes tipos de sustratos, de acuerdo con su desempeño en cada una de las propiedades enunciadas anteriormente.

- **Nutrientes.** La base de la hidroponía es la nutrición vegetal, por esto el éxito será la utilización de nutrientes como método de alimentación de las plantas, es importante evitar los desequilibrios nutricionales que limitarían el crecimiento de la misma (Howard Resh, 2001).

Tabla 1. Propiedades de Algunos Sustratos

Sustrato	Química	Biológica	Aireación	Humedad	Costo 0 a 5*
Arena de río	Buena	-	Medio	Medio	4
Grava	Buena	Buena	Excesivo	Deficiente	3
Piedra pómez	Regular	Excelente	Media	Media	2
Ladrillo	Regular	Excelente	Media	Media	2
Escoria	Regular	Excelente	Media	Media	3
Aserrín	Buena	Buena	Baja	Alta	3
Cascarilla de arroz	Regular	Regular	Alto	Medio	1

Fuente: Adaptado y Actualizado por los Autores (J. Hernández, 1987)

*Siendo 5 el mayor costo y 0 sin ningún costo.

La solución nutritiva es una mezcla de agua y fertilizantes que se suministra a las plantas como alimento, esta contiene todos los elementos esenciales necesarios para una buena nutrición. Una calidad pobre del fertilizante conllevará gran cantidad de impurezas, las cuales no sólo impedirán a la planta alcanzar algunos nutrientes, sino que también obstruirán o taponarán las líneas de alimentación (Antonio Rosas, 2009).

En la Tabla 2, se muestran los elementos esenciales de la solución nutritiva que se deben suministrar a las diferentes plantas, así como la fuente de la cual se obtiene.

Para la generación de la solución nutricional, nunca se deben mezclar la nutrientes mayores, con los nutrientes menores, sin diluir previamente. La mezcla sólo debe hacerse en agua. Elementos mayores: son los que las plantas necesitan en grandes cantidades como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre y magnesio. Elementos menores: Son los otros elementos que la planta consumen en porcentaje más bajo que los an-

teriores; además que son necesarios para el buen desarrollo de la planta, se requieren para una cosecha de alta calidad, y son: cobre, boro, hierro, manganeso, zinc, molibdeno, cloro, sodio, silicio, cobalto y yodo (José Barbado, 2005).

La aplicación de la solución nutritiva en sustratos debe realizarse utilizando de 2 a 3,5 litros por cada metro cuadrado del cultivo, ésta debe realizarse diariamente en la mañana temprano, a excepción de un día de la semana que debe regar sólo agua para arrastrar los excesos de sales que se pueden acumularse en el sustrato (Antonio Rosas, 2009).

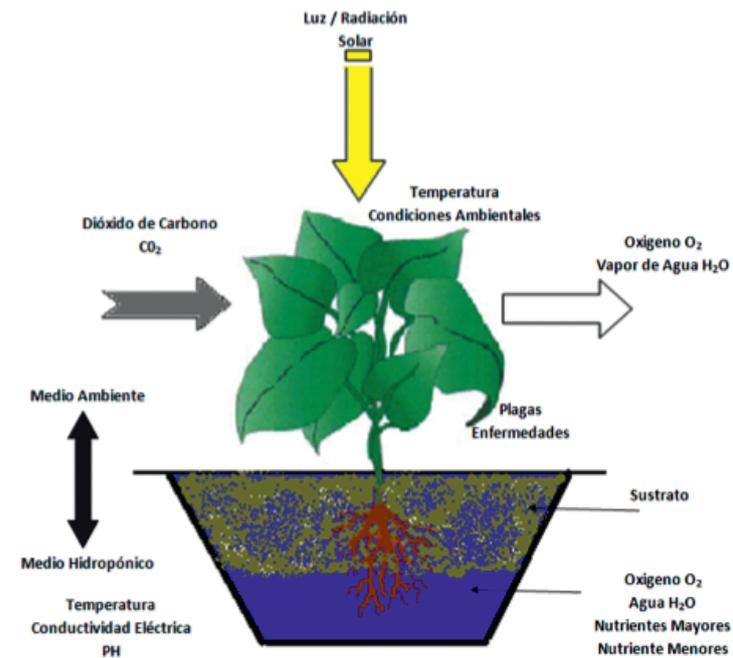
El manejo de la solución no es complicado, se debe agitar manualmente hasta formar burbujas por lo menos dos veces al día para incorporar oxígeno. La presencia del oxígeno es necesaria para el desarrollo de planta y el crecimiento de las raíces, se requieren valores mínimos de oxígeno de 8 a 9 mg O₂ / l de solución nutritiva (José Hernández, 1987).

Tabla 2. Los Componentes de la Solución Nutritiva se Caracterizan por su Alta Solubilidad. Elementos Esenciales.

Elemento		Fuente
Nitrógeno	N	Nitrato de calcio, nitrato de amonio, nitrato de potasio.
Fósforo	P	Fosfato de monoamónico, Fosfato diamónico, ácido fosfórico.
Potasio	K	Nitrato de potasio, cloruro de potasio y sulfato de potasio
Calcio	Ca	Sulfato de calcio y nitrato de calcio
Magnesio	Mg	Sulfato de magnesio, nitrato de magnesio
Azufre	S	Sulfatos
Hierro	Fe	Quelato de hierro
Manganeso	Mn	Sulfato de manganeso
Cobre	Cu	Sulfato o nitrato de cobre
Zinc	Zn	Sulfato de zinc
Boro	B	Ácido bórico
Molibdeno	Mo	Molibdeno de amonio
Cobalto	Co	Sulfato de cobalto
Sílice	Si	Silicato de sodio

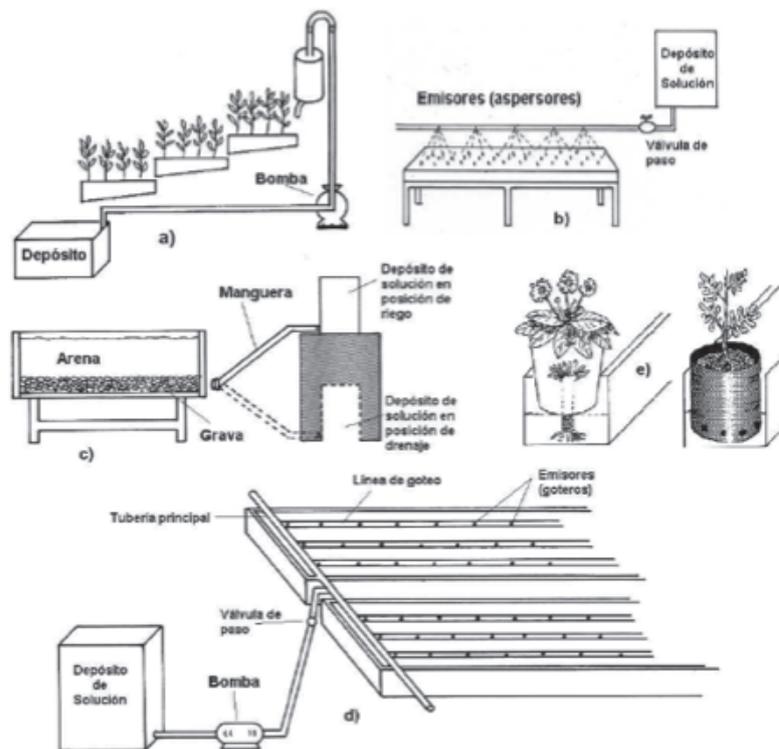
Fuente: Cultivos hidropónicos. (J. Hernández, 1987).

Figura 4. Alimentación de la Planta.



Fuente: Los Autores.

Figura 5. Sistemas de Riego: a) Inundación, b) Aspersión, c) Sub-irrigación, d) Goteo y e) Capilaridad



Fuente: Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural pesca y alimentación de México

- **Riego por goteo con control manual.** Para controlar el goteo de manera sencilla, se puede colocar en el extremo de la manguera un aspersor o una boquilla que permita regular el caudal de salida permitiendo detener el flujo de la solución en el momento que desee.
- **Riego por capilaridad.** Cantidad de radiación solar, aparte de la cantidad de agua correspondiente a la transpiración estimada.
- **Riego a desnivel.** Cuando por necesidad del espacio o porque el terreno es irregular, no se puede cultivar en una superficie plana, se puede preparar una serie de terrazas, en cada una de las cuales se colocarán uno o varios contenedores o camas. En el desnivel más alto se coloca el tanque de la solución nutritiva, que mediante una válvula de alimentación, proveerá de la solución a cada uno de los contenedores en desnivel, hasta llegar a la cisterna de almacenamiento

SITUACIÓN ACTUAL

En Colombia, el sector agrícola y agropecuario ha venido siendo golpeado por diferentes factores. A nivel climático, las largas sequías como las presentadas durante el primer semestre del año 2010 y las lluvias intensivas en el mismo periodo pero del año 2011, son muestra de ello. Así mismo, a nivel social, la migración del campesino a las ciudades por efecto de la violencia o en la búsqueda de mejores oportunidades económicas y laborales, han hecho que las ciudades crezcan de manera desenfrenada, al punto que el tipo de vivienda ha cambiado para poder aprovechar de mejor modo el espacio aumentando ostensiblemente la densidad poblacional (hab. /m²). Como resultado de lo anterior, se ha visto una reducción en la consecución de los alimentos básicos que componen la canasta familiar; por ende, su encarecimiento, las ciudades han disminuido las zonas verdes o las han cubierto de concreto, para disminuir los focos de enfermedades, etc.

Se pueden mostrar dos casos de éxito en la implementación de los cultivos hidropónicos, como alternativas de solución a los problemas antes enunciados.

Uno de ellos fue realizado en la ciudad de Armenia – Quindío, en el cual, la Organización de las Naciones Unidas (ONU), por medio del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), que tiene como misión ayudar a los países, en sus esfuerzos por lograr

un desarrollo humano sostenible proporcionando asistencia técnica y a raíz del terremoto de enero de 1999, el cual afectó enormemente a las ciudades del eje cafetero, en términos sociales, económicos y políticos, desquebrajando toda su estructura productiva, llevaron al PNUD a respaldar las gestiones realizadas por el gobierno de Colombia, por medio de sus organizaciones locales, para que estas ciudades pudieran recuperar sus desempeños normales en beneficio de sus habitantes.

En este orden de ideas, uno de los proyectos apoyados fue el denominado “Hidroponía Familiar” (Marulanda, C. 1999) mediante el cual el programa de las Naciones Unidas, facilitó la asistencia técnica, para que, esta forma de autoayuda, se desarrollara y se consolidara en la zona cafetera como una de las múltiples alternativas que pudiesen ser utilizadas para mejorar las condiciones de vida, contribuyendo a la seguridad alimentaria y proporcionando ingresos complementarios a las familias más pobres (PNUD 2003, p. 9).

El segundo caso de éxito, se encuentra en Riohacha - La Guajira, el cual nace por las dificultades climáticas, a la dificultad de acumulación de aguas y a la alta población indígena en riesgo, que generan la necesidad de buscar formas distintas a la agricultura tradicional a partir de una política alimentaria y nutricional para el departamento (Yaneri Cotes, 2009).

Así mismo, en Bogotá se ha adelantado el proyecto “Agricultura Urbana” impulsado por la Alcaldía y liderado por el Jardín Botánico “José Celestino Mutis” en el marco de su política “Bogotá Positiva para Vivir Mejor” (2008 – 2011), el cual contribuye en la seguridad alimentaria y nutricional, la sostenibilidad ambiental, la construcción del tejido social, la consolidación de procesos integrales de participación, intervención y apropiación del territorio, así como alternativa para superar la pobreza y la exclusión que afecta un gran porcentaje de la población del Distrito Capital.

En cuanto a grupos de investigación en hidroponía, en Colciencias no se encuentra ningún grupo específico en este tema, pero existen varios grupos de investigación los cuales tratan temas relacionados hacia la agricultura, como son: mejoramiento genético de cultivos agroindustriales para el trópico de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA); agricultura, ambiente y sociedad de la Universidad Nacional de Colombia; producción limpia UNPA, de la Universidad del Pacífico, quienes han trabajado sobre

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: NUEVOS MATERIALES

sustratos a partir de fibras de coco y aserrín para la producción *Pleurotus ostreatus*⁹.

Se encuentran reportes de proyectos adelantados por áreas afines como por ejemplo la Universidad Manuela Beltrán, que dentro de su programa de Ingeniería Electrónica, adelantaron el diseño y construcción de un prototipo robótico para el riego de plantas. Adicionalmente, las universidades que tratan sobre temas de Agricultura Urbana e Hidroponía, como la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad Agraria, la UDCA y otras instituciones universitarias, que sin ser expertas en el tema lo han venido trabajando en los últimos años. Como por ejemplo: En la Pontificia Bolivariana de Medellín se realizó un trabajo de grado para obtener el título de Ingeniero Mecánico sobre cultivos en ambiente controlado; en la Universidad Gran Colombia se realizó un estudio de factibilidad para la implementación y comercialización de cultivos

hidropónicos en el municipio de Usme; la Universidad INCCA de Colombia desarrolló un trabajo de grado que consistió en el diseño y construcción de una instalación técnica para el cultivo hidropónico de frutales de exportación y así se pueden encontrar otras universidades como la EAN, la Javeriana, los Andes, y otras, que han tenido proyectos relacionados con este tipo de cultivos.

En ingeniería Mecánica, se hace evidente la oportunidad que se tiene para investigar y aportar desde el punto de vista del diseño del sistema de riego, de la implantación de sistemas autónomos a partir de incorporar los principios de la “domótica” y en el diseño de los diferentes equipos que se pueden concebir para disminuir el compromiso (pero esto no significa abandono) del usuario por el sostenimiento del equipo y, por ende, de la planta.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Después de la revisión bibliográfica se observa que los cultivos hidropónicos son una alternativa viable en la agricultura urbana, debido a que requiere menor cantidad de espacio, se puede cultivar vertical-

mente; y se puede optimizar el uso de agua para el riego de los nutrientes, pues se pueden implementar sistemas de riego de ciclos cerrados.

- La incorporación de cultivos hidropónicos, fomentan la integración familiar, co-ayudando al desarrollo de las comunidades, fortaleciendo los vínculos sociales, permitiéndoles contar con recursos alimenticios disponibles, que disminuyan el costo de su canasta familiar y en algunos casos, pueden generar ingresos adicionales fortaleciendo la economía del hogar.

- Revisando los diferentes sistemas se encontró que el aeropónico es uno de los más eficientes, puesto que no requiere preparación de sustratos, sin embargo, el inconveniente que presenta, es que necesita de una estructura cerrada que no permita que los nutrientes presentes en el líquido atomizado se pierdan o se transportado por el aire.

- En general, el sustrato puede ser cualquier tipo de material que garantice el cumplimiento de los siguientes factores: retención de humedad, drenaje, ser inerte y garantizar buena oxigenación, por lo cual, se pueden implementar diferentes tipos de materiales como sustratos, no solo los convencionales como son los desechos naturales.

- Con los cultivos hidropónicos se puede producir plantas de diferente tipología, permitiendo esto, no solo tener plantaciones de productos alimenticios, sino que también pueden sembrarse plantas medicinales y ornamentales, con lo cual, se pueden generar ambientes agradables en edificaciones públicas y privadas.

- Como oportunidad se evidencia la importancia de la investigación en este campo desde la Ingeniería Mecánica, implementando sistemas de control, sistemas de dosificación y mezcla, que conlleven a sistemas automáticos que reduzcan en gran medida el control por parte del ser humano, no con la intención del abandono total por éste, sino con la intención de permitirle a la planta crecer independiente al cuidado que de ella tenga su propietario.

9 *Pleurotus ostreatus*: Es un hongo comestible, estrechamente emparentado con la seta de cardo (*Pleurotus eryngii*), que se consume ampliamente por su sabor y la facilidad de su identificación.

BIBLIOGRAFÍA

- Aldana, H. (1995). *Enciclopedia agropecuaria terranova*. Bogotá: Terranova editores
- Aldana, H. (2000). *Ingeniería y Agroindustria*. Colombia: Terranova editores.
- Álvarez, S. (1989). Cultivos en ambiente controlado. Trabajo de grado (Ingeniero Mecánico). Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana (UPB). Facultad de Ingeniería Mecánica.
- Añez Villegas, A. y Angarita Zerda, A. (1991). Análisis comparativo de la producción comercial de cuatro variedades de alverja en hidroponía bajo cubierta y a libre exposición. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Bogotá: Universidad del Nacional de Colombia (UNAL). Facultad de Agronomía.
- Arano, C. (2007). Hidroponía: Algunas páginas de su historia. *Horticultura Internacional*. (58); 24-33.
- Barbado, J. (2005). *Hidroponía: su empresa en cultivos de agua*. Argentina: editorial albatros.
- Bautista, J. (2004). *Hidroponía: cultivo sin tierra*. San Juan: Talleres Gráficos de Flash Grafic.
- Beltrán Amado, A. C.; Palacios Casallas H., Rodríguez Rodríguez A. (1991). Estudio de factibilidad para la implantación y comercialización de cultivos hidropónicos en el municipio de Usme. Trabajo de grado (Economista). Bogotá: Universidad la Gran Colombia. Facultad de Economía.
- Bermúdez Murcia, A. (1996). Propuesta de logística para la administración de recursos en las unidades tácticas del Ejército Nacional: los cultivos hidropónicos como alternativa. Tesis (Magister en Administración). Bogotá: Universidad de La Salle. Maestría en Administración de Empresas. Disponible en la sede chapinero en formato [CD-ROM].
- Cadahía, C. (2008). *Fertirrigación: Cultivos hortícolas frutales y ornamentales*. España: Multi-prensa.
- Calderón, F. (1988). *Coljap: Curso sobre cultivos*. Bogotá: Editorial Coljap.
- Calderón, F. (1990). *Manual práctico sobre cultivos hidropónicos*. Bogotá: Universidad Agraria.
- Calderón. Control de variables hidropónicas [en línea]. <http://www.drcaideronlabs.com/publicaciones/control_de_variables_hidroponicas.htm> [Recuperado: el 23 de junio de 2011].
- Castellón, G. (2000). *Ingeniería del Riego: utilización del agua*. Madrid: Thompson.
- Castillo Quintero, M. A. (1990). Desarrollo, generación, adaptación e innovación de tecnología: Diseño y construcción de una instalación técnica para el cultivo hidropónico de frutales de exportación. Trabajo de grado (Ingeniero Mecánico). Bogotá: Universidad Inca de Colombia (Unincca). Facultad de Ingeniería Mecánica.
- Castro, R. (1998). *Semilleros hidropónicos: Manual para la preparación*. Manizales: Centro Editorial Universidad de Caldas.
- Correa Molnar, M. (2009). *Que es la hidroponía*. Argentina: El cid editores
- Cotes, Yaneris B. (2009). Descripción del proceso de implementación de la política de seguridad alimentaria y nutricional en el departamento de la guajira. Tesis (Maestría política social). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Cruz Torres, L (1990). Determinación del potencial depurador del cultivo hidropónico. *Universidad Nacional de Colombia: Ingeniería e Investigación*, 21, 30-44.

Delgado Flórez, V. (1988). Aplicación de sistemas y electrónica para el control de cultivos hidropónicos. Trabajo de grado (Ingeniero de Sistemas). Bogotá: Universidad Piloto de Colombia. Facultad de Ingeniería de Sistemas.

Despommier, D. (2010). Agricultura vertical: el cultivo en rascacielos urbanos consumiría menos agua y combustibles que la agricultura a cielo abierto, paliaría la degradación de las tierras y nos proveería de alimentos frescos. *Investigación y Ciencia*. 408, 74-76.

Díaz Rivera, Luis A. (2003). Automatización de cultivos hidropónicos. h. Trabajo de grado (Ingeniero Electrónico). Bogotá: Universidad de los Andes (Uniandes). Facultad de Ingeniería Electrónica.

Dr. CALDERON LABS. <http://www.drcalderonlabs.com/> . 18 de Octubre de 2011.

Duque Gutiérrez, M. (2007). Agricultura urbana en Bogotá: Estudio de la dinámica social de tres grupos poblacionales. Tesis (Magister en Ciencias Ambientales). Universidad Jorge Tadeo Lozano (UJTL). Bogotá: Escuela de Postgrado, Maestría en Ciencias Ambientales. Disponible en la biblioteca de la Universidad en formato [CD-ROM].

ENTREVISTA CON ANTONIO ROSAS, Experto en Cultivos Hidropónicos. Bogotá 29 de Agosto de 2011.

ENTREVISTA CON JUAN SUA, Director del Eco parque de la Universidad Agraria de Colombia (Uniagraria), Bogotá. 5 de Agosto de 2011.

Fossti, C. (1986). *Como practicar el hidrocultivo*. España.

García, I. (2007). *Sistemas de riego por aspersión y goteo*. México: Editorial Trillas.

Giraldo, S. (1990). *Hidrocultivos al alcance de todos: los principios fundamentales de la hidropónica bajo invernadero*. Medellín: Editorial Lea.

Gonzales, C. (1997). Riego por goteo. Bogotá: Servicio de Educación Nacional (Sena).

Gutiérrez Collazos, H., Morales Posada, J. (1990). Cultivos hidropónicos. Armenia: Universidad del Quindío.

Hernández Parra, J. (1987). *Cultivos hidropónicos*. Bogotá: Editorial Universidad Agraria (Uniagraria).

Hernández Venencia, H. (1989). Cultivos hidropónicos. Trabajo de grado (Ingeniero Civil). Bogotá: Universidad de los Andes (Uniandes). Facultad de Ingeniería Civil.

HIDROPONÍA Y CULTIVOS HIDROPÓNICOS. <http://www.hidroponiaaldia.com/> . 18 de Octubre de 2011.

Huterwal. (1992). *Hidroponía: Cultivo de las plantas sin tierra*. Argentina: Editorial albatros.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO; INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACION. Compendio normas ICONTEC-ICA sobre fertilizantes en Colombia. Bogotá: ICONTEC-ICA, 2003. 278 p. ISBN 9589383-45-9.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Productos químicos industriales para uso agropecuario. Abonos o fertilizantes: Fertilizantes para cultivos hidropónicos. Bogotá: ICONTEC, 1997. 7 h. (NTC 2879).

JARDÍN BOTÁNICO DE BOGOTÁ, J. C. M. (2009). *Manual de tecnologías: Agricultura Urbana*. Bogotá: Agencia de cooperación internacional del Japón (JICA).

Jauregui Rico, A. L. (1990). Cultivos hidropónicos: Una nueva alternativa. *Normas y Calidad*. (11), 23-24.

Jiménez Beltrán, R. J. (1990). Cultivos hidropónicos: Pasado, presente y futuro. *La Tadeo*. (27), 52-53 p.

Koc, M. (2000). *For hunger-proof cities: Sustainable urban food systems*. Ottawa: IDRC books.

Lee, R. (1998). *Cultivos hidropónicos: Instalación e implementación*. Chía: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Centro de investigaciones y asesorías agroindustriales área: cultivos hidropónicos (ciaa).

López Moreno, C. A. (1990). *Diseño de un sistema industrial de cultivo hidropónico de ajo como técnica alterna a los medios agrícolas tradicionales: evaluación financiera*. Trabajo de grado (Ingeniero Industrial). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana (PUJ). Facultad de Ingeniería Industrial.

López, E. y Velásquez, M. V. (1989). *Implementación y administración de cultivos hidropónicos*. Trabajo de grado (Administrador de Empresas). Bogotá: Universidad EAN. Facultad de Administración.

Lozada Villasante, A. (2000). *El riego: Fundamentos de su hidrología y su práctica*. España: Multi-prensa.

Martínez, E., Durán, J. y Navas, L. (2000). Los cultivos sin suelo: De la hidroponía a la aeroponía (I). *Vida rural*, (101), 40-43.

Marulanda, C. *Hidroponía Familiar*. México: Primer congreso anual de la asociación hidropónica mexicana.

Oirsa. (2005). *Manual producción de sustratos para viveros*. El Salvador.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA – FAO- <http://www.rlc.fao.org/es/conozca-fao/prioridades-regionales/agricultura-familiar/> . 18 de Octubre de 2011.

Orson, I., Vaughn, H. (1985). *Principios y aplicaciones del riego*. España: Editorial reverté.

Parra, P. (1989). *Manual hidropónico: Una huerta en su casa*. Bogotá: Cultivos hidropónicos Ltda.

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO. *Hidroponía familiar en Colombia desde el Eje cafetero: Cultivo de esperanzas con rendimientos de*

paz. 3era ed. Armenia: PNUD, 2003. 174 P. http://www.pnud.org.co/img_upload/9056f18133669868e1cc381983d50faa/Hidroponia2004.pdf . 18 de Octubre de 2011.

REDACCIÓN PERIÓDICO ADN, Bogotá. *Robots inteligentes construidos en la U: uno sirve para el riego*. EN: Periódico ADN, Bogotá (19, Sept., 2011); p. 17, Sección Vida. ISSN 2145- 4108.

Resh, H. (1998). *Hydroponic food production definitive guidebook for the advanced home garden and commercial hydroponic grower*. Santa Barbara: Woodbridge.

Resh, H. (2001). *Cultivos hidropónicos*. España: Multi-prensa libros.

Rincon, L. (2008). *La fertirrigación de la lechuga*. Madrid: Multi-prensa.

Rodríguez, C. (1991). *Manual para cultivos hidropónicos*. Bogotá: Editorial Fondo Rotatorio.

Rodríguez, E. (1989). *Cultivos hidropónicos*. *Ica Informa*, 23, 2, 5-14.

Rosas Roa, A. (2009). *Cartilla hidropónica: Cultivos hidropónicos*. Bogotá: MAFPAC impresores.

Rosas Roa, A. (2002). *Granja integral dimensional*. Bogotá: Rojas Eberhard.

Ruiz, G. (2007). *Hidroponía básica*. México: Diana técnico.

Ruiz, G. (1999). *Hidroponía comercial*. México: Diana técnico.

Salas Sanjuán, M. del C. (2001). *Técnicas de fertirrigación en cultivo sin suelo*. Almería: Universidad de Almería.

Sholto, James D. (1987). *Hidroponía: cómo cultivar sin tierra*. Bogotá: Librería El Ateneo Editorial.

SISTEMAS FÁCILES DE HIDROPONÍA. <http://www.elmejorguia.com/hidroponia/Sistemas.htm> . [Recuperado: 18 de Octubre de 2011].

SOCIEDAD DE AGRICULTORES DE COLOMBIA. (1974). La hidroponía: Ciencia para cultivar sin tierra. *Revista Nacional de Agricultura*. 67, 808, 12-16.

Tarjuelo, J. (2005). *El riego por aspersión y su tecnología*. España: Multi-prensa.

TECNOCIENCIA. Cultivos Hidropónicos. http://www.tecnociencia.es/especiales/cultivos_hidroponicos/ . [Recuperado: 18 de Octubre de 2011].

UNIVERSIDAD DE AMÉRICA (2009). Condiciones generales para la presentación de trabajo. *Revista de investigaciones de la Universidad de América*. 3, 2, 139 – 142.

UNIVERSIDAD MANUEL BELTRÁN. Noticias, Conozca las ventajas de un robot que riega plantas [En línea]. <http://www.umb.edu.co/actualizaciones/noti_ingenieria.htm> [Citado el 30 de Septiembre de 2011].

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, FACULTAD DE AGRONOMÍA. Los cultivos hidropónicos: una alternativa económica y de mejoramiento nutricional Santafé de Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 1988. 45 p.

URIBE CASTRO, NORHA LÍA; ZEMANATE ORTIZ, MARY. Agricultura urbana: Experiencias en la ciudad de Cali y alternativas en el eco parqué los pisamos. Cali, 2006, 146 h. Trabajo de grado (Licenciada en Ciencias Sociales). Universidad del Valle. Facultad de humanidades.

Urrestarazu Gavilán, M. (2000). *Manual de cultivo sin suelo*. Madrid: Universidad de Almería.

Urrestarazu Gavilán, M. (2004). *Tratado de cultivo sin suelo*. España: Multi-prensa.

Van, R. (2006). *Cities farming for the future: urban agriculture for green and productive cities*. Ottawa: IDRC books.

WIKIPEDÍA. Hidroponía [En línea]. < <http://es.wikipedia.org/wiki/hidropon%c3%ada>> [Recuperado: 23 de junio de 2011].

Zapp, J. (1991). *Cultivos sin tierra: La hidroponía popular, una opción para la superación de la pobreza*. Bogotá: UNICEF.

