



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL

LA PRODUCCIÓN HIDROPÓNICA ¿UNA ALTERNATIVA ALIMENTARIA EN ESPACIOS URBANOS?

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

PRESENTAN:

Penélope De la Rosa Topete

Irving Alberto Herrera Velázquez

DIRECTORES DE TESIS:

M en D. M. Emma González Carmona

Biól. Wilfrido Contreras Domínguez

Mayo 2015

Agradecimientos

Deseo agradecerle Dios Mío, Padre amado por todas las bendiciones que derramas en mi vida, gracias Dios porque hoy estoy donde tú habías trazado mi camino desde antes de mi llegada a este mundo.

Gracias Dios por nuestros directores universitarios durante la carrera, a nuestros profesores, en especial a mis directores de tesis; nuestra amada Emma y nuestro Pa'Willy por sus esfuerzos, dedicación, paciencia y apoyo.

Gracias por mis compañeros de trabajo quienes son mis mentores de profesión Dulce Cruz, Antonio Pérez, Rafael Acero y Baruch Parra; quienes me han motivado durante mi formación laboral, apoyándome en todo momento.

Papito amado sobre todas las cosas que me has dado te agradezco por la vida de mis hermanos y mis padres. Mis hermanos quienes han sido en todo momento uno de los motores en mi vida, por su amor, su camaradería; porque han sido mis cómplices en tantas aventuras. Por los padres que me diste que son los mejores quienes con tú amor en ellos invirtieron en mí sus desvelos, tiempo, y vidas apoyándome incondicionalmente todo momento de este andar. Ellos son mis padres, son perfectos conforme a tu infinita buena voluntad amado Dios. Tú me pusiste en sus vidas para amoldar la mía con esa sabiduría infinita que como humanos jamás comprenderemos.

Son tantas las personas que han formado parte de mi vida estudiantil; a mis compañeros de clase donde forme esas hermosas amistades que ni el tiempo y la distancia han podido desvanecer con quienes ahora somos tíos, tías, comadres, compadres, otros que su luz se ha extinguido; pero todos permanecen donde tú Dios mío los habías destinado a estar en mi mente y en mi corazón por todos ellos te doy gracias Dios.

Y a todos ustedes a quienes menciono en estas líneas con nombres y sin nombres Infinitas gracias por todas las experiencias vividas y formar parte de la historia de vida más bella...la mía!

DIOS NOS BENDIGA SIEMPRE.

Índice	
Introducción	7
Pregunta de investigación	11
Objetivos	11
Metodología	11
Primera Parte	
Marco referencial - conceptual: La fenomenología de la hidroponía y la producción de alimentos	14
Capítulo 1. Origen de la hidroponía y la producción de alimentos	14
1.1. Antecedentes Históricos	14
1.2. Hidroponía y sus referentes experimentales	19
1.3. Características sobresalientes que la constituyen como un sistema de producción hidropónico	20
Capítulo 2. Tipos de Cultivos y Sustratos en la Técnica Hidropónica	24
2.1. Tipos de Cultivos Hidropónicos	24
2.2. Componentes esenciales de la hidroponía (sustratos)	34
Capítulo 3. Importancia de la hidroponía	42
3.1. Producción de alimentos en tierras no fértiles o zonas no aptas para cultivo	42
3.2. La hidroponía en hábitats extraterrestres	44
3.3. Beneficios de la Hidroponía	46

Segunda Parte	
	Pagina
Marco Empírico. Desarrollo de Propuesta de Cultivo Hidropónico para Autoconsumo	52
Capítulo 4. Propuesta de Sistema de Cultivo Hidropónico para Autoconsumo	52
4.1. Construcción de invernadero	53
4.2. Selección, germinación y trasplante	79
4.3. El alimento de la planta (solución nutritiva) y cosecha	107
RESULTADOS y DISCUSIÓN	116
CONCLUSIÓN	121
RECOMENDACIÓN	123
BIBLIOGRAFÍA	124
Anexos	
	Página
Cuadro 1. Población en situación de pobreza por ingreso 2005	16
Cuadro 2. 20 productos de mayor frecuencia de gasto en los hogares, 1998	17-18
Cuadro 3. Análisis comparativo de los sistemas tradicional y semi hidropónico.	22
Cuadro 4. Tipos de sustratos de acuerdo a las características químicas	35
Cuadro 5. Comparativo de la producción entre cultivo en tierra y en hidroponía.	48
Cuadro 6. Partes que componen el diagrama	61
Cuadro 7. Invernadero	62
Cuadro 8. Semilleros o germinado	63
Cuadro 9. Trasplante	62
Cuadro 10. Tiempos estimados	63
Cuadro 11. Siembra de semillas	84
Cuadro 12. Fuentes de obtención de nutrientes	109-110
Cuadro 13. Valores óptimos y límites para elementos	111
Cuadro 14 .Fórmula 1 cultivo hidropónico	112
Cuadro 15. Fórmula 2 cultivo hidropónico. Fórmula en seco	112
Cuadro 16. Fórmula 3 cultivo hidropónico. Fórmula en seco	113

Anexos fotográficos	Página
Figura 1. Método de sustrato líquido o raíz flotante	26
Figura 2. Cultivos Semi hidropónicos o Cultivos en Sustrato	27
Figura 3. Cultivos Aeropónicos	28
Figura 4. Cultivos Verticales	30
Figura 5. Cultivos con Película Nutritiva (N.F.T)	32
Figura 6. Cultivos Acuapónicos	333
Figura 6. a. Vista general del cultivo	33
Figura 6. b. Tanques Acuaponia	33
Figura 7. Cultivos Acuapónicos	34
Figura 8. Sustratos químicamente inertes	36
Figura 9. Sustratos químicamente activos	36
Figura 10. Sustratos orgánicos	39
Figura 11. Sustratos sintéticos	39
Figura 12. Sustratos minerales	40
Figura 13. EPCOT Center. Cultivo de lechuga para la N.A.S.A	45
Figura 14. Invernadero de techo plano	54
Figura 15. Invernadero a un agua	55
Figura 16. Invernadero adosado a un agua	55
Figura 17. Invernadero a dos aguas de madera	56
Figura 18. Invernadero tipo túnel de madera	57
Figura 19. Distribución de áreas del invernadero	58
Figura 20. Construcción invernadero tipo túnel de madera	59
Figura 21. Invernadero tipo túnel de varilla	59
Figura 22. Construcción de invernadero a dos aguas	60
Figura 23. Invernadero ya cubierto de plástico	61
Figura 24. Construcción del contenedor de madera	72
Figura 25. Contenedor de madera terminado	72
Figura 26. Reúso de residuos sólidos como contenedores	73
Figura 27. Preparación de una bolsa vertical	74
Figura 28. Bolsas verticales llenas de sustrato	74
Figura 29. Contenedor tubo de PVC	75
Figura 30. Preparación de una manga horizontal	77
Figura 31. Contenedor de llantas reusadas	78
Figura 32. Contenedor de huacal, cubetas y llantas	78
Figura 33. Semilla	79
Figura 34. Plantas de semillas transgénicas	83
Figura 35. Semillas seleccionadas	83
Figura 36. Siembra de jitomate	85
Figura 37. Siembra de chícharo	85
Figura 38. Remojo de semillas para desinfección	86
Figura 39. Hidratación de las semillas	87
Figura 40. Rábano iniciando germinado después de la	88

hidratación	
Figura 41. Jitomate en crecimiento	89
Figura 42. Germinación epigea	90
Figura 43. Germinación hipogea	91
Figura 44. Mojado del sustrato	92
Figura 45. Riego del almácigo	93
Figura 46. Hoyo para plántula en contenedor	93
Figura 47. Sustrato con hoyo para plántula	94
Figura 48. Extracción de plántula del almacigo	94
Figura 49. Extracción de plántula del germinador	95
Figura 50. Trasplante completo de la plántula	95
Figura 51. Poda de formación y de brotes	105
Figura 52. Poda de hojas	106
Figura 53. Poda del fruto.	115
Siglas	

Introducción

Este trabajo se origina con la inquietud de sugerir como alternativa de producción de alimentos, a la mejora de alimentación y de calidad de vida a la población urbana. Por principio se reconoce que la humanidad pasa por una problemática alimentaria compleja en México. La Organización para la Alimentación y Agricultura (FAO por sus siglas en inglés) señala que el acelerado aumento poblacional, el cambio climático y la degradación de la tierra y del agua afectan la seguridad alimentaria en el mundo. Por lo tanto, el reto es aumentar su producción de alimentos (La jornada, 29 de noviembre de 2011).

En la práctica la producción global de alimentos, según la FAO ha mostrado que son los pequeños productores de carácter familiar, ensamblados o no en comunidades tradicionales, los que generan la mayor parte de los alimentos para una población de 7 mil millones*. Ello llevó a la FAO a declarar 2014 el Año de la Agricultura Familiar. Por el contrario, se tenía la creencia de que los alimentos, procedían mayoritariamente de la agricultura industrializada y basada en máquinas, agroquímicos, petróleo y un modelo de especialización productiva que reduce o elimina la diversidad biológica y genética (Toledo, 2014)

Por otra parte es importante considerar que la disposición de los recursos es escasa. Con respecto al agua, Jacques Diouf, director general de la FAO, apunta que los sistemas en riesgo simplemente podrían no ser capaces de contribuir como se espera para cumplir con las demandas humanas para 2050. Las consecuencias en términos de hambruna y pobreza son inaceptables pues una cuarta parte de los terrenos del mundo están altamente degradados, otro 8% tienen niveles moderados de degradación, explicó el director de la FAO. Además se considera que la escasez de agua aumenta debido a la salinización y a la contaminación de napas subterráneas, así como la degradación de ecosistemas vinculados a los recursos hídricos (Diouf, 2011).

Entonces, partiendo del conocimiento del potencial de la agricultura familiar, la escasa disponibilidad de recursos, pero también de la necesidad de alimentar y aumentar los niveles de nutrición en México, ya que según la FAO, es uno de los países que presenta un gran porcentaje de desnutrición, aunque también se le considera como uno de los de mayor exportación de alimentos, ante lo cual resulta contradictorio este comportamiento. Como parte de los países de América Latina, la FAO llama a gobiernos a impulsar la agricultura familiar para que se inserte en los mercados del área (La jornada, 7 de diciembre de 2011).

Al respecto, se han diseñado estrategias para impulsar la agricultura familiar, tal como se señala en la Conferencia Técnica Internacional de la FAO sobre las biotecnologías agrícolas en los países en desarrollo (ABDC-10), que se celebró en México en 2010. Las cuestiones que se abordaron en la conferencia giraron en torno a: La utilización del uso de biotecnologías agrícolas al servicio de los pobres; favorecer las actividades de investigación y el rubro; así como asegurar que en los países en desarrollo los beneficios de la investigación y el desarrollo sean accesibles, a través de: el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA) , el Grupo Consultivo sobre Investigación Agrícola Internacional (GCIAI) y la Secretaría del Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura.¹

Respecto del consumo de nutrientes de la población, Glewwe, (2008) considera que la desnutrición es definida como la insuficiencia de calorías o de nutrientes necesarios para sostener adecuadamente las funciones vitales en una persona. Tiene como causas biológicas inmediatas la ingestión de una dieta inadecuada y la elevada incidencia de enfermedades infecciosas y parasitarias que aumentan las necesidades de algunos nutrientes que disminuyen su absorción, o provocan pérdidas de micronutrientes.²

¹ <http://www.fao.org/biotech/abdc/conference-home/es/>

² Glewwe, P Nutrition and Development. The new palgrave dictionary of economics. 2nd ed. Steven Durlauf y Lawrence Blume editores: Palgrave McMillan 2008.

En México, las estadísticas de la Encuesta Nacional de Nutrición, llevadas a cabo en 1979, reportaron 54 % de los niños del grupo preescolar con algún grado de desnutrición. En 1996, en la Encuesta Nacional de Alimentos se mencionó la existencia de 42.7 % ciento menores de cinco años que padecían desnutrición; de éstos, 25.9 presentaron desnutrición leve, 12.7 moderada y 4.2 severa. Mientras los informes emitidos por la Encuesta Nacional de Nutrición de 1999, del Instituto Nacional de Salud Pública, refirieron para ese año un número de 4'480 100 (25.2 %) niños menores de cinco años con algún grado de desnutrición, de los cuales 800 000 sufrían desnutrición de alto riesgo.³

En 2012 de acuerdo a la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2.8% de los niños menores de 5 años presentan bajo peso, 13.6% muestran baja talla y 1.6% desnutrición aguda. En niños preescolares se reportan 23.3% con anemia.⁴). En 2014 se reporta que en México 1.8 millones de niños menores de 5 años presentan desnutrición; entre estos destacan el estado de México, Oaxaca y Puebla.⁵

México experimenta un crecimiento acelerado en la prevalencia de obesidad y enfermedades crónicas, problema que se presenta también en la población infantil. Sin embargo, la prevalencia de desnutrición y deficiencias de micronutrientes en la población infantil son aún elevadas. La prevalencia actual de desnutrición crónica es de 12.5%, la ubica por arriba de los esperado < 2.5%.⁶

Desde el supuesto en que la población tiene niveles de desnutrición, derivados del escaso consumo de vegetales y frutas, la idea es contribuir con esta propuesta y mostrar el alcance alimentos de valor nutricional a la población. En tal sentido se exponen los alcances y limitantes del cultivo hidropónico, los cuales trascienden en cuestiones familiares, económicas, terapéuticas, alimenticias y ambientales.

³ <http://html.rincondelvago.com/desnutricion-en-mexico.html>

⁴ <http://www.fundacionmeneses.org.mx/nutricion-para-la-educacion/desnutricion-en-mexico/>.

⁵ (<http://www.reporte.com.mx/desnutricion-afecta-18-millones-de-ninos>).

⁶ <https://www.unkilodeayuda.org.mx/nutricion/desnutricion/estadisticas/>

Desde la perspectiva ambiental, se puede decir que la técnica es sustentable respecto de lo que utiliza del ambiente por varias razones; una de ellas es porque se aprovecha el agua, pues se reutiliza; otra más concierne al paisaje natural. Al respecto estudios señalan que la falta de espacios verdes contribuye al aumento de violencia urbana. Actualmente se ha extendido la práctica de cultivos sobre las azoteas, llamadas azoteas verdes a través de la organoponía.⁷ Éstas tienen una función de disminuir los niveles de contaminación del aire.

Así, La hidroponía como fuente de alimentos conlleva diversas ventajas según el método de cultivo hidropónico, para el caso de este trabajo el elegido, es el semi hidropónico, ya que éste es el que representa poca inversión para producir y, los materiales empleados sugeridos para su construcción son de origen de reúso. El modelo elegido, se compara con el hidropónico de raíz flotante que es más económico, pero resulta de gran complejidad cuando se carece de experiencia, de manera contraria, el suscrito elegido es más sencillo de comprensión por las labores que requiere, ya que la forma de siembra es similar al método de tradicional, pero la diferencia es que se controla la calidad de la producción.

Por ejemplo se ha dicho que existe una gran variedad de factores que contribuyen a la contaminación de frutas y hortalizas por microorganismos. Algunos de los factores que pudieran considerarse de riesgo en la calidad microbiológica de los productos frescos incluyen: el uso de agua de riego contaminada con heces fecales de humanos y animales; procesos inadecuados en los campos de cultivo; prácticas deficientes de desinfección; condiciones inapropiadas durante empaque; higiene deficiente de los trabajadores; y el mal manejo durante almacenamiento y transporte.⁸

⁷ http://oncetv-ipn.net/noticias/index.php?modulo=despliegue&dt_fecha=2006-06-16&numnota=61

⁸ <http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/5-6-02quiroz.pdf>

Con base en este precedente, se plantea la siguiente pregunta de investigación, que guía este trabajo de investigación ¿Qué características permiten la viabilidad en la producción de vegetales por hidroponía en las zonas urbanas? La respuesta a esta pregunta delinea los componentes a tratar.

A saber es por esto que el objetivo general es: Elaborar una propuesta de producción de alimentos a partir del análisis de las características de producción de hortalizas por hidroponía, para mostrar la viabilidad alimentaria. Para lo cual se precisa mostrar los objetivos específicos que conducirán al cumplimiento del general

- ✓ Identificar las características significativas del sistema hidropónico a través de la revisión bibliográfica y con ello comprender su trascendencia.
- ✓ Evaluar los diversos tipos de producción a través del análisis para elegir el que se adapte a las condiciones urbanas.
- ✓ Elaborar una propuesta de calidad alimentaria, mostrando su factibilidad.
- ✓ Evaluar las características de la hidroponía a través del análisis de sus componentes para elaborar una propuesta de autosuficiencia alimentaria, mostrando su factibilidad.

El proceso de investigación seguido en este trabajo está expreso en la metodología, y lo constituyen las fases que incluyen el análisis-síntesis-propuesta.

Metodología

Fase 1

Identificación de las características significativas del sistema hidropónico.

- ✓ Análisis el contexto de surgimiento de las técnicas hidropónicas en fuentes bibliográficas.
- ✓ Revisión en gabinete la información disponible de las técnicas hidropónicas.
- ✓ Caracterización de la técnica.

- ✓ Identificación de rasgos trascendentales de las diversas técnicas de hidroponía.

Fase 2

Exposición de los diversos tipos de sistemas para elegir el tipo en zonas urbanas.

- ✓ identificación los tipos de sistema hidropónico así como las características de la hidroponía, poniendo especial énfasis en el costo, insumos, características del lugar, beneficios de la producción, los aspectos inocuos y bromatológicos del producto.
- ✓ Identificación se elige el tipo de sistema hidropónico que presente menor costo, facilidad de construcción, semillas y sencillez en el manejo de la técnica.

Fase 3

Elaboración de una propuesta alimentaria para mostrar su factibilidad.

- ✓ Elección de esta fase ya se ha decidido, el tipo de cultivo, la técnica, los insumos y cuidado de la siembra.
- ✓ Exposición de labores propias de la siembra, cuidado preventivo, trasplante, poda y recolección del producto.
- ✓ Determinación de producción se determina la viabilidad de desarrollo en las zonas urbanas.

En el primer capítulo se muestran los antecedentes históricos de surgimiento de las diversas técnicas que hacen eficiente la producción “artificial” hidroponía. Se resaltan las referencias experimentales surgidas en tiempos bélicos.

El segundo capítulo concibe los diferentes tipos de cultivo que tienen como base la hidroponía, se subrayan las características de los diversos insumos, de los espacios mínimos destinados para su cultivo y alta productividad.

El tercer capítulo expone las ventajas de producción hidropónica en lugares donde los suelos no son aptos para la agricultura, así mismo se hace referencia a la accesibilidad en el manejo de las técnicas y de la construcción de la infraestructura para su desarrollo.

El cuarto capítulo muestra las diversas ventajas de ésta técnica para la producción familiar urbana autosustentable. En tal sentido se exponen las técnicas, materiales para economizar en los insumos acorde con la economía familiar.

Primera Parte

Marco Referencial - conceptual: La fenomenología de la hidroponía

A lo largo de este capítulo se muestran los antecedentes históricos del método de cultivo hidropónico. Para ello se expone el análisis de las características socioculturales, económicas y los niveles nutricionales que evidencian la situación alimentaria en México. Asimismo, se describe el surgimiento de la hidroponía y las técnicas ancestrales relacionadas con este método de cultivo. En tal sentido se presenta el conjunto de los componentes que han determinado los avances de la hidroponía y las diferencias con respecto al sistema de cultivo en tierra. De manera específica se presentan las ventajas del sistema en cuestión con respecto al sistema tradicional de cultivo.

Capítulo 1. Origen de la Hidroponía

1.1. Antecedentes Históricos de la hidroponía

La hidroponía o agricultura hidropónica es un método agrícola para cultivar plantas que usan sustratos y soluciones minerales en lugar de suelo agrícola. La palabra hidroponía se deriva de dos palabras griegas, *hidro*, significando el agua y *ponos* que significan labor; literalmente trabajo en agua.⁹

El sistema productivo hidropónico es considerado también como una técnica ancestral, ya que en la antigüedad hubo pueblos y civilizaciones que la practicaron como un medio de producción altamente eficiente, ejemplos de ello son los jardines colgantes de Babilonia y las conocidas chinampas de los nahuas. Con respecto a los Jardines Colgantes de Babilonia se atribuye su nombre a una incorrecta traducción de la palabra

⁹ "Hidroponía" En: <http://www.monografias.com/trabajos13/hidropo/hidropo.shtml> 08 de Junio 2010.

griega *kremastos* o del término en latín *pensilis*, que significa no justamente "colgar" pero si "sobresalir", como en el caso de una terraza o de un balcón.¹⁰

Según reportes de arqueólogos, los sistemas hidropónicos se producían en grandes rocas huecas y resistentes a la humedad y erosión, las cuales eran acomodadas de forma escalonada y se llenaban con tierra para plantar árboles, arbustos y otras plantas. Al respecto, el geógrafo griego Estrabón describe los jardines en el siglo I A. C. como terrazas abovedadas alzadas unas sobre otras, que descansaban sobre pilares cúbicos. La construcción de los pilares, las bóvedas, y las terrazas utiliza ladrillo cocido y asfalto y, en la parte más alta de las terrazas se construía un depósito de agua desde el cual corrían varios arroyos.¹¹

En México, la chinampa se ha practicado para producir alimentos. En el siglo XIII, alrededor del año 1265, las tribus nahuas convierten las chinampas en el modelo de cultivo para atender la escasez de alimentos. Se dice que el Tlatoani Acatonalli ofrece al consejo de los ancianos la técnica para poder enfrentar la situación de insuficiencia de alimentos. La técnica consistía en ganar terrenos al lago a partir del relleno de limo y varas. Esta expansión hacia el lago se realiza a partir de cercar con cañas y estacas de sauces, que se clavan en el fondo, después se alternan capas horizontales con fango y de varillas cruzadas, por último, las porciones de tierra se rodean con plantaciones de árboles para fijar el terreno. La fertilidad de estos islotes artificiales está asegurada ya que podían absorber el agua a través del piso debido a la porosidad que tenían.¹²

Ambas técnicas, tanto las chinampas como los llamados jardines colgantes son conocidas en la actualidad como cultivos semi hidropónicos, los cuales reciben humedad para su desarrollo a través de la infiltración del flujo de agua. Estos dos

¹⁰ "Jardines Colgantes de Babilonia" En: http://es.wikipedia.org/wiki/Jardines_Colgantes_de_Babilonia 10 de junio de 2010.

¹¹ "Jardines Colgantes de Babilonia" En: http://es.wikipedia.org/wiki/Jardines_Colgantes_de_Babilonia 10 de junio de 2010.

¹² "La Chinampa" En: <http://www.blogcurioso.com/los-aztecas-y-su-tecnica-de-cultivo-chinampas/> 10 de junio de 2010.

ejemplos han trascendido en la actualidad por su aporte a la problemática de la producción de alimentos.

Al respecto, la crisis alimentaria por la que atraviesa tanto el país como las zonas productoras tradicionales de alimentos muestran los estragos del cambio climático y de la presión por el crecimiento de la población. En México, el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL, 2007) expone los tipos de pobreza: La pobreza alimentaria como la incapacidad para obtener una canasta básica alimentaria; la pobreza de capacidades como la insuficiencia del ingreso disponible para adquirir el valor de la canasta alimentaria y efectuar los gastos necesarios en salud y educación y; la pobreza de patrimonio, la marca la insuficiencia del ingreso disponible para adquirir la canasta alimentaria y realizar los gastos necesarios en salud, vestido, vivienda, transporte y educación. El cuadro 1 evidencia los diversos tipos de pobreza en los estados de México, así se aprecia que los estados de Chiapas, Oaxaca y Guerrero muestran los más altos porcentajes de pobreza en los tres tipos, pero en términos absolutos, el estado de México está en la vanguardia en pobreza capacidades y pobreza patrimonio y en segundo lugar respecto de la pobreza alimentaria. Claro que las cifras absolutas se relacionan con la concentración de la población territorial.

Cuadro 1. Población en situación de pobreza por ingreso 2005

Entidad	Pobreza Alimentaria	%	Pobreza Capacidades	%	Pobreza Patrimonio	%
México	1.999.076	14,3	3.133.143	22,4	6.986.775	49,9
Veracruz	1.990.503	28,0	2.581.256	36,3	4.216.024	59,3
Chiapas	2.017.517	47,0	2.399.233	55,9	3.248.450	75,7
Oaxaca	1.337.597	38,1	1.644.680	46,9	2.384.776	68,0
Puebla	1.436.555	26,7	1.899.948	35,3	3.174.228	59,0
Guerrero	1.308.907	42,0	1.562.758	50,2	2.187.390	70,2
Nacional	18.737.373	18,2	25.050.690	24,7	49.772.697	47,0

Fuente: CONEVAL (2007)

Es de apreciarse en el cuadro 1 que el Estado de México figura como uno de los estados con mayor pobreza alimentaria en términos absolutos, es por esto que la introducción de hidroponía puede contribuir como alternativa alimentaria a mitigar y disminuir este faltante alimenticio.

Ahora, para dar cuenta de esta canasta de alimentos, ahora se presenta el cuadro 2, que muestra el gasto destinado a la adquisición de alimentos en tres estratos de ingreso.

Cuadro 2. 20 productos de mayor frecuencia de gasto en los hogares, 1998

México: los 20 productos de mayor frecuencia de gasto en los hogares, 1998.			
Todos los hogares	20% de hogares de más bajo ingreso Extracto bajo	60% siguiente Extracto medio	20% de hogares de más alto ingreso- Extracto alto.
1. Tortilla de maíz	Tomate rojo (jitomate)	Tortilla de maíz.	Tortilla de maíz
2. Tomate rojo (jitomate)	Huevos	Tomate rojo (jitomate)	Leche
3. Huevos	Frijol	Huevos	Tomate rojo (jitomate)
4. Refrescos	Tortilla de maíz	Refrescos	Refrescos
5. Leche	Azúcar	Leche	Huevos
6. Frijol	Refrescos	Frijol	Cebolla
7. Cebolla	Cebolla	Cebolla	Pollo en piezas
8. Papa	Pasta para sopa	Pan de dulce	Carne de res: bistec y milanesa
9. Pan de dulce	Arroz en grano	Pollo en pieza	Pan de dulce
10. Pollo en pieza	Aceite vegetal	Pasta para sopa	Carne procesada: jamón.
11. Pasta para sopa	Papa	Azúcar	Frijol
12. Azúcar blanca	Pan de dulce: en pieza o empaquetado	Arroz en grano	Plátano tabasco
13. Arroz en grano	Chile serrano y jalapeño	Aceite vegetal	Pan blanco: bolillo, telera, baguette
14. Aceite vegetal	Leche	Carne de res: bistec y milanesa	Aceite vegetal
15. Carne de res: bistec y milanesa	Pollo en pieza	Pan blanco	Pasta para sopa

Fuente: Cálculos propios con información de la ENIGH 1998.

Cuadro 2. 20 productos de mayor frecuencia de gasto en los hogares, 1998
 (Cont.)

México: los 20 productos de mayor frecuencia de gasto en los hogares, 1998.			
Todos los hogares	20% de hogares de más bajo ingreso Extracto bajo	60% siguiente Extracto medio	20% de hogares de más alto ingreso- Extracto alto.
16. Chile serrano y jalapeño	Pan blanco: bolillo, telera, baguette	Chile serrano y jalapeño	Comida fuera de casa
17. Pan blanco: bolillo, telera, baguette	Sal	Plátano tabasco	Manzana o perón
18. Plátano tabasco	Plátano tabasco	Carne procesada: jamón	Arroz en grano
19. Carnes procesadas: jamón	Galletas dulces	Queso fresco	Carne de res: pulpa (trozo o molida)
20. Carne de res: pulpa (trozo o molida)	Maíz en grano	Carne de res: pulpa (trozo y molida)	Azúcar.

Fuente: Cálculos propios con información de la ENIGH 1998.

En este cuadro se aprecia el potencial de la producción hidropónica. Resaltan el tomate, la cebolla, el frijol, la papa, el chile. Además se identifica que el gasto de los diversos estratos para la canasta básica es diferenciado, pues en el estrato bajo, sólo el 20% accede a estos productos, por otra parte, el estrato medio, con un 60%, incluye los productos señalados, y finalmente en el estrato alto sólo el 20% de los hogares consumen los productos, por lo que se interpreta que consumen otros productos.

De acuerdo con la información difundida por la Encuesta Nacional de Nutrición por sus siglas ENN de 1999 realizada por el Instituto Nacional de Salud Pública, en México persisten condiciones elevadas de desnutrición, pero también se presenta una mala nutrición por excesos. Un 30% de la población menor de cinco años tiene un déficit de energía y consumos bajos de zinc, hierro y vitamina A, aunque por otro lado se presenta una ingesta por arriba de las recomendaciones de proteína y vitamina C. Otro grave problema es la anemia que representa una tasa del 19.5 %; en niños de 5 a 11 años. Por otra parte, según la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH 2010), el 34% del gasto de una familia se destina a la compra de alimentos y

bebidas.¹³ Es de esperarse que en los precedentes sexenios panistas la situación haya empeorado, pues la pobreza, lejos de reducirse, aumentó.

1.2. Hidroponía y sus referentes experimentales

A final de la década de los 20's, Gericke de la Universidad de California extiende sus experimentos de laboratorio y trabajos en nutrición de plantas a sistemas de cultivo que permiten cosechas comerciales de gran escala. A estos sistemas de nutricultura los llama "hidroponía".

Los informes del trabajo *Complete Guide to Soilless Gardening* (Guía Completa del Cultivo sin Suelo) (1940), revelan, según Gericke, un gran potencial de producción del sistema hidropónico.¹⁴

En los años 60's Cooper en Inglaterra desarrolla la *Nutrient Film Technique* y posteriormente, en el Centro EPCOT de Disney, en el Pabellón de la Tierra, se exponen diversas técnicas de hidroponía. A la par, varias compañías repuntan en la comercialización y en la década de los 80 se expresa un incremento significativo de comercialización de los sistemas hidropónicos y de una naciente industria de insumos para la hidroponía. Por un lado, la expansión comercial ha disminuido los costos de los paquetes de sistemas hidropónicos. Por otro lado han surgido diversos insumos para los diversos tipos hidropónicos con técnicas de cultivo sin suelo, mismas que son utilizadas de manera masiva en los circuitos comerciales de producción de plantas de tabaco. La ventaja fundamental es la eliminación los almácigos en suelos que precisan bromuro de metilo para desinfectarlos de malezas, patógenos e insectos.

Otro ejemplo es el que se realiza en Holanda y otros países europeos con el uso de técnicas de "CSS" para cultivos intensivos, esto ha permitido la proliferación de industrias conexas y numerosas tecnologías que tienen que ver con el desarrollo de

¹³<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/Encuestas/Hogares/regulares/Enigh/Enigh2010/tradicional/default.aspx>

¹⁴ "S/A. (18-08-2011).Hidroponia.

nuevos medios de cultivo, así como de materiales como la perlita, la lana de roca, la fibra de coco o *coco peat*, la cascarilla de arroz tostada y otros medios apropiados para sostener las plantas en casa.

A partir de los 80's aumentó de manera exponencial la producción por hidropónicos, éste comportamiento obedeció a la posibilidad de cultivar plantas en un medio sin tierra, lo que permitía tener más plantas por espacio; mayores rendimientos y más cosechas; conservar el agua y los nutrientes a través de su reúso; así como controlar desarrollo de las plantas.¹⁵

La hidroponía es considerada como un ejemplo de la alta productividad y sus referentes pueden constatarse con el sostenimiento alimentario de los ejércitos durante la Segunda Guerra Mundial; cuando las tropas estadounidenses asentadas en el Pacífico, en islas donde no había suelo disponible, pusieron en práctica métodos hidropónicos de gran escala para proveer de verduras frescas a las tropas en guerra contra Japón. Con éste sistema de producción fue posible atender las demandas alimentarias de los emplazamientos bélicos de los Estados Unidos de Norteamérica, pues el suelo no era apto para cultivo, y el transporte de alimentos era demasiado costoso. Cabe destacar que la NASA como pionera y vanguardista de esta técnica de producción de alimentos realiza amplias investigaciones para el Sistema de Soporte de Vida Ecológica Controlada (Por su sigla en inglés CELSS), de hecho, se ofrecen alternativas de alimentos para los viajeros del espacio. Uno de los trabajos expone la relación entre el crecimiento y las diversas variables como la cantidad de luz, temperatura y; tipo de especie, entre otras, para obtener mejores resultados¹⁶, ¹⁷

¹⁵ *íbid.*

¹⁶ *íbid.*

¹⁷ Heine, Anna. (08.27.04). *Farming for the Future*.

1.3. Características sobresalientes del sistema de producción hidropónico

La hidroponía es un método, técnica agrícola eficiente que produce muchos tipos de cultivos sin necesidad de tener suelo. Las plantas son alimentadas con una solución nutritiva, y ésta se lleva directamente a la raíz de la planta, permitiendo con ello su desarrollo sano en menor tiempo y con empleo de menos mano de obra.¹⁸

Es importante señalar que el sistema hidropónico es una innovación del sistema de agricultura tradicional, si bien la hidroponía es, en la práctica, sinónimo de "cultivo sin tierra", esto no significa que las plantas necesariamente crecen en el agua o colgando o en el aire con baños de agua. A saber es por esto que las diversas formas hidropónicas usan sustratos sólidos que no son tierra, sobre éstos las plantas tienen un sostén adecuado para crecer, pues mantienen la humedad y favorecen la oxigenación de sus raíces. Por el contrario, en cultivos tradicionales con suelo, el flujo de oxígeno no es bueno y se pueden transmitir enfermedades bacterianas y virales además que pueden contaminarse por los residuos que contiene el suelo y por el agua del subsuelo.

La anterior problemática está resulta con la hidroponía; porque el sustrato que se usa tiene la función de sostener y mantener la humedad y oxigenación de las raíces de las plantas, además es fácilmente controlar la posible contaminación, plagas y de enfermedades. Los nutrientes se encuentran en el agua, que se usa como solución alimenticia, y es allí donde está el verdadero arte de la técnica, en tener las soluciones de nutrientes adecuadas para cada cultivo en sus diferentes etapas; desde el almácigo (semilleros), pasando por la germinación, brote, crecimiento, floración, polinización, hasta la cosecha.¹⁹

Los elementos principales que componen un sistema hidropónico dependen directamente de la técnica de cultivo que se emplee, en este caso se opta por la

¹⁸ “Beginning Hobby Aquaponics” Nelson L. Rebecca; Pade John. 2010. Memoria del 7mo. Congreso Internacional de Hidroponía. (Traducción Penélope De la Rosa).

¹⁹ Santander Francisco. (2005). Hidroponía popular simplificada

técnica de cultivo semi hidropónico, ya que es la más sencilla de realizar por las similitudes que presenta con el sistema agrícola tradicional.

De modo específico, en el cuadro 3 se muestra la comparación de los dos sistemas de producción: Tradicional y semi-hidropónico. Así los aspectos comparativos muestran los tipos de siembra, de riego, control de nutrientes, reúso de las plantas y la eficiencia de agua y nutrientes.

Cuadro 3. Análisis comparativo de los sistemas: Tradicional y semi-hidropónica

Sistema tradicional	Sistema semi-hidropónico
Siembra en tierra.	Siembra en sustrato.
Riego diario.	Riego programado.
Obtención de nutrientes del suelo.	Obtención de nutrientes controlado.
Contacto con insectos, virus y bacterias.	Aislado de agentes patógenos.
Planta utilizable para una cosecha.	La planta se mantiene para varias cosechas.
Pérdida de agua en el riego y nutrientes.	Reutilización del líquido sin pérdida de nutrientes.

Fuente: elaboración propia.

En el análisis comparativo se identifica las ventajas del sistema de producción semi hidropónico; puesto que aumenta la eficiencia en el uso del agua, se controlan los insumos de los nutrientes, así como de los posibles agentes patógenos. En virtud de este sistema, es preciso identificar la infraestructura, materiales como contenedores, sustratos, camas de colocado, semillas y solución nutritiva entre otros que variarán según el tipo de cultivo.

Aspectos recapitulativos

El desarrollo de la hidroponía tiene sus orígenes en el mundo antiguo con los jardines de Babilonia y con las chinampas en México. Posteriormente, en la Segunda Guerra Mundial, diversos científicos pioneros en la hidroponía fueron soportados por la NASA.

La finalidad era alimentación con alimentos frescos a la tripulación que se encontraba alejada de espacios cultivables.

Una vez reconocido el potencial de los cultivos hidropónicos; por su acceso y facilidad de producción, en México se vislumbra como el proceso de producción que puede disminuir los niveles de extrema desnutrición en población infantil, mejorar las condiciones alimenticias de la población, elevar la calidad de vida de los productores, no sólo por el ingreso por la venta de cultivos, ni por el consumo de los mismo, sino también por la terapia ocupacional, integración de la familia y mejora del paisaje visual, así como por la captación de gases de efecto invernadero.

Además, se rescata de la hidroponía ventajas significativas con respecto a las formas de cultivo tradicional. Se destacan las concernientes a la inocuidad y a la calidad en cuanto a nutrientes de las plantas, así como el ahorro de agua en el riego de las plantas.

Capítulo 2. Tipos de Cultivos y Sustratos en la Técnica Hidropónica

En este capítulo se presentan los tipos de cultivo hidropónico que derivan en grandes clasificaciones por sus características y especificaciones: Uno de ellos incluye métodos simples de cultivo similares al cultivo tradicional con variaciones importantes en cuanto a la base que soporta a la planta; el otro incluye los métodos más avanzados en los cuales se emplea una cantidad mínima de agua para el riego de los cultivos. Para ello, se describen los diferentes tipos de sustratos que pueden ser empleados para los cultivos semi hidropónicos, así como las clasificaciones y características que permiten elegir las más adecuadas para los diversos cultivos.

2.1. Tipos de Cultivos Hidropónicos

Existen tres connotaciones semánticas para definir la hidroponía, las cuales marcan tres niveles distintos según el interlocutor, cada uno de ellos abarca al anterior. El primero, denominado “cultivo hidropónico puro” permite a la planta el desarrollo de las raíces en un medio líquido (agua con nutrientes disueltos) sin ningún tipo de sustrato sólido pero con un sistema adecuado de sujeción; el segundo, llamado, el “cultivo hidropónico”, según la mayoría de las opiniones, se refiere al cultivo en agua (acuicultura) o en sustratos sólidos más o menos inertes y porosos, a través de los cuales se circula la solución nutritiva y; el tercero, el cultivo hidropónico en su concepción más amplia, engloba todo sistema de cultivo en el cual, las plantas completan su ciclo vegetativo sin la necesidad de emplear suelo, así, durante el ciclo de vida se suministran los nutrientes y requerimientos de agua y nutrientes mediante una solución. Esta definición puede corresponder los “cultivos sin suelo” e incluye el conjunto de cultivos en agua y en sustrato. Este último suele utilizarse cuando se emplean sustratos no inertes tales como turba, fibra de coco, corteza de pino, otros sustratos orgánicos. Las mezclas utilizadas son fertilizantes de liberación controlada, que se suministran a la planta.²⁰

²⁰ Alarcón Antonio. (s/f). Los cultivos hidropónicos de hortalizas extra tempranas.

Por otra parte, según Samperio (2008), los tipos de sistemas estrictamente hidropónicos son aquellos que sólo utilizan un medio líquido que provee de agua y nutrientes. Al respecto se considera que el sistema *Nutrient Film Technique* o Sistema de Película Nutritiva (por sus siglas en inglés NFT), permite circular un mínimo volumen de solución nutritiva para bañar las raíces de la planta con regularidad. Por otra parte, el sistema de *Floating Root* o Raíz Flotante sumerge las raíces en la solución nutritiva, desde su siembra hasta su trasplante. Otro tipo es el sistema aeropónico, el cual suspende la planta en un contenedor cerrado y sin sustrato y, utiliza riego por micro goteo, éste riego también es conocido como niebla enriquecida de nutrientes para bañar las raíces. Por último, el conjunto de sistemas semi hidropónicos utiliza un sustrato o medio de cultivo sólido, que por lo regular es derivado de rocas.²¹

Ahora se describen los sistemas según la clasificación de Samperio (2008), lo cual permite identificar las particularidades de cada uno.

2.1.1. Método de Cultivo 100% Hidropónico o de Raíz Flotante

En el método de sustrato líquido o raíz flotante, el agua tiene una doble función; una concierne a la alimentación y la otra al medio para el desarrollo de las raíces.²²

Desde el trasplante hasta la cosecha, la misma solución nutre y provee de humedad. Por ello se dice que en términos productivos y comerciales es redituable.²³

La solución nutritiva se vacía en los canales, el nivel puede variar y cubrir completamente o a la mitad de la raíz de la planta. Posteriormente el sistema se cubre con una lámina de poliuretano o unicel para formar una cama de hidroponía. La lámina se perfora para colocar las plantas que provienen de los almácigos de hidroponía, los agujeros están situados a una distancia de 10 cm, en los cuales se coloca la plántula o brote de 20 días. El tallo de la planta se envuelve en la goma espuma (esponja), en la

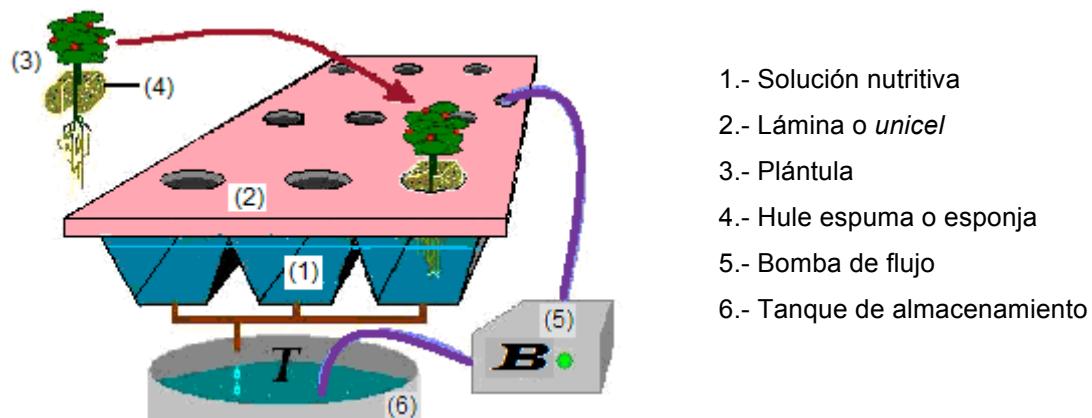
²¹ "Sistemas Hidropónicos" Gloria Samperio en: Hidroponía Fácil. Pp. 73.

²² Cesar Marulanda. Huerta Hidropónica Popular. FAO. 2003.

²³ "Sistema de Raíz Flotante" Gloria Samperio en: Hidroponía Fácil. Pp. 87.

cual se corta una muesca para que se introduzca el tallo. Las plantas más grandes para hidroponía como el tomate y la fresa requieren, además de ésta, otros elementos de fijación tales como varas o cuerdas. En la Figura se puede apreciar que la raíz está flotando en una capa semi móvil de solución de nutrientes que se recicla por una bomba de flujo continuo (Ver figura 1).

Figura 1. Método de sustrato líquido o raíz flotante



Fuente: Sistemas fáciles de hidroponía. <http://www.google.com.mx/imgres?imgurl=http://www.elmejorguia.com/hidroponia/images/Sistema>. Modificado por: Penélope De la Rosa.

2.1.2. Cultivos semi hidropónicos o cultivos en sustrato

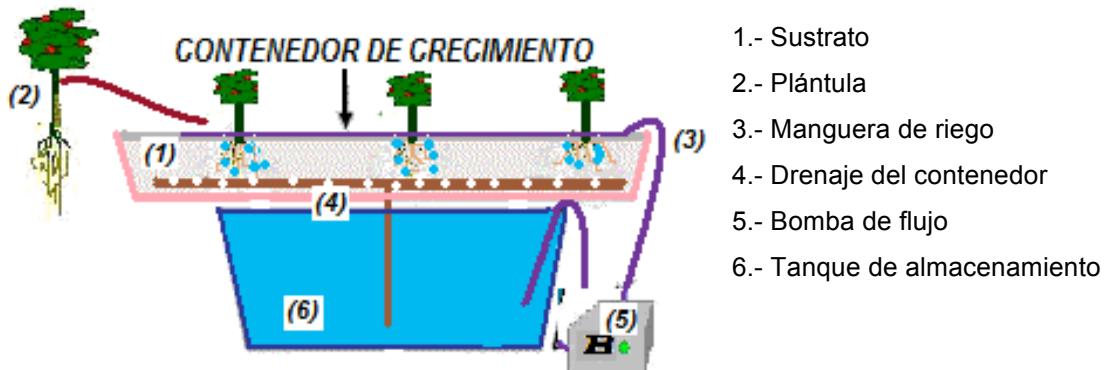
Esta técnica es la más utilizada en cultivos hidropónicos; las semillas germinan, crecen y se desarrolla hasta su producción en un sustrato que es regado por una solución que contiene nutrientes. Este sustrato garantiza las mejores condiciones de crecimiento y desarrollo a las plantas, lo cual garantiza una elevada productividad y bajos costos de producción. En este cultivo, la labor de regado se realiza como la de cualquier cultivo tradicional en tierra; solo que en éste se optimiza el uso del agua y los nutrientes; pues éstos se reciclan y no hay desperdicio alguno.²⁴

²⁴ Un paso más en la Hidroponía. Gloria Samperio. 2004. Pp. 87.

Los sustratos que se utilizan pueden ser de origen natural como las turbas, virutas, aserrín; de origen mineral como arena, grava, perlita y; de origen industrial como el fibracel, lana de roca.

En la figura 2 se aprecia un ejemplo de cultivo semi hidropónico o cultivo en sustrato. El sustrato se encuentra en un contenedor de crecimiento de las plantas, en el cual es vertido los nutrientes diluidos en agua.

Figura 2. Cultivos semi hidropónicos o cultivos en sustrato



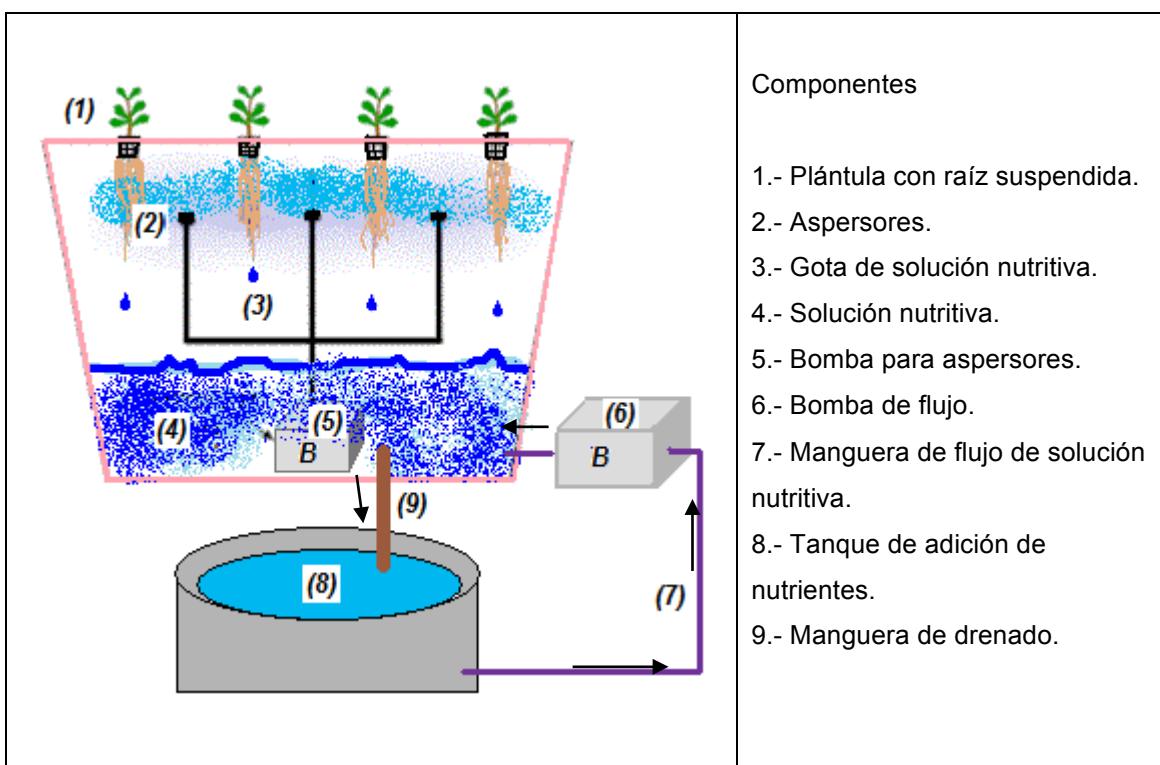
Fuente: Sistemas fáciles de hidroponía. <http://www.google.com.mx/imgres?imgurl=http://www.elmejorguia.com/hidroponia/>. Modificado por: Penélope De la Rosa.

El proceder para replicar este prototipo parte de la selección del contenedor, el cual se perfora en uno de los extremos. En el fondo del contenedor se coloca una manguera con orificios, la cual se introduce en la perforación del contenedor para conectarse al tanque de almacenamiento. El contenedor se llena con el sustrato deseado cuyo grosor de la cama depende del tipo de cultivo. Las plántulas trasplantadas se distribuyen a una distancia de 10 cm. Esta distribución permite su desarrollo. La raíz está en contacto con el sustrato, y en la parte superior de éste se encuentra una manguera que riega la solución de nutrientes, a la vez permite que se recicle a través de la bomba de flujo.

2.1.3. Cultivos Aeropónicos

Una variante relativamente reciente de los cultivos hidropónicos es la aeroponía, la cual se considera como una de las técnicas más avanzadas. Ésta surge como resultado de las investigaciones de las formas en que las raíces de la planta absorben oxígeno. La oxigenación, en efecto, es uno de los factores que más influyen en los cultivos, es la vida de las plantas. Una oxigenación deficiente origina a menudo severos problemas en los cultivos hidropónicos, sobre todo en el sistema de Técnica de Película Nutritiva (NFT por su sigla en inglés) o de raíz flotante.²⁵ (Ver figura 3).

Figura 3. Cultivos Aeropónicos



Fuente: Sistemas fáciles de hidroponía. <http://www.google.com.mx/imgres?imgurl=http://www.elmejorguia.com/hidroponia/images/Sistema>. Modificado por: Penélope De la Rosa.

La técnica aeropónica se diferencia de la hidroponía porque en la primera, las raíces están sumergidas en la solución nutritiva, la cual se suministra periódicamente en

²⁵ Samperio R. Gloria. 2008. Pp.3

forma de nebulización o de roció por boquillas de alta presión, llamadas micro aspersores, que están conectadas a un conducto por el que circula la solución con nutrientes a alta presión. En este prototipo se muestran los componentes. Como se aprecia, las plantas están suspendidas en un panel y sus raíces reciben un suministro de oxígeno permanente.

2.1.4. Cultivos Verticales

Otro gran avance en los cultivos hidropónicos es el uso de las columnas verticales. En este tipo de construcción se van apilando barriles uno sobre otros, lo cual permite cultivar de manera vertical.²⁶

Los orígenes de esta práctica suceden en España en la década de los 70's, aunque las innovaciones importantes surgen en Italia, por Topea de la Universidad de Catania a partir del uso de tubos de plástico que son llenos de tierra. Una vez que se han colmado de suelo, se hacen orificios para sembrar la semilla elegida. Esta forma de cultivo se cultiva en condiciones de invernadero.²⁷

Años más tarde, en este prototipo de cultivo vertical se introducen las modificaciones que sustituyen los tubos de plástico por costales de plástico llenos con sustrato. Las bolsas o costales de plástico negro para invernadero llamadas bolsas colgantes penden de un soporte, dichas bolsas están provistas de barrenos o agujeros de una pulgada de diámetro, los cuales sirven para sembrar o trasplantar las plántulas. Este sistema sólo permite sembrar semillas de poca altura, por lo que no requieren tutores y pueden sostenerse con el anclaje de sus raíces en el sustrato, ejemplo de ello son los cultivos de lechuga, fresas, cilantro espinacas y ajos, entre otros.²⁸

En cuanto a la instalación de las bolsas, éstas se atan de los extremos y ya efectuada la siembra se cuelga a 1 m. de altura, dejando con ello pasillos disponibles de 1.20 m.

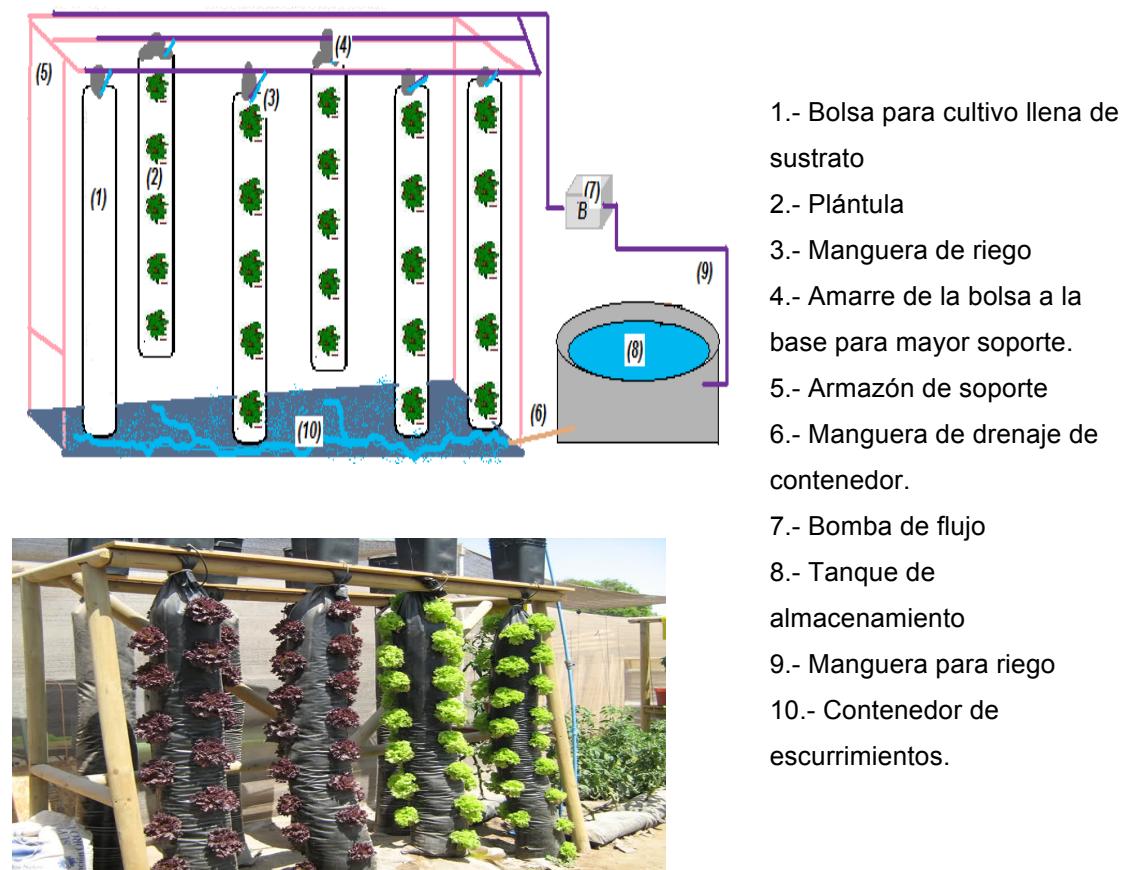
²⁶ Samperio R. Gloria. 2004. Pp.19-20

²⁷ *Ibid.*

²⁸ *Ibid.*

de ancho entre ellas. Hay una variante de esta técnica, la cual consiste en hacer amarres a una distancia, de tal manera que haya compartimentos para una mayor sujeción de las plantas y una buena distribución del sustrato. Una vez realizada la cosecha se desechan las raíces de las plantas y las bolsas que las contienen.²⁹ La figura 4 muestra la distribución de las bolsas y el suministro de agua por manguera.

Figura 4. Cultivos Verticales



Fuente: Sistemas fáciles de hidroponía. <http://www.google.com.mx/imgres?imgurl=http://www.elmejorguia.com>

Modificado por: Penélope De La Rosa.

La estructura que soporta las bolsas está hecha de madera, la cual es embonada, también puede hacerse con una estructura metálica.

²⁹ *ibid.*

2.1.5. Cultivos con Película Nutritiva (N.F.T)

Allen Cooper creó los primeros hidro cultivos en canales, los cuales permiten una circulación continua de solución nutritiva. A esta peculiar forma de cultivo la llama Técnica de Película Nutritiva (NFT) por sus siglas en inglés y, es desarrollada por el *Glasshouse Crops Research Institute de Littlehampton* en Inglaterra en 1965.

Este sistema, al que originalmente se le dio el nombre de “*Nutrient Flow Technique*”, se caracteriza por cultivar sobre canales construidos de diversos materiales que contienen una mínima cantidad de solución nutritiva.³⁰

Por otro lado, se considera que el tipo de cultivo se determina por la simplificación y la modernización de los materiales e instalaciones que utiliza. Las plantas requieren para su desarrollo luz, agua y nutrientes inorgánicos (iones) diluidos, los cuales circulan con una mínima cantidad de solución nutritiva de manera óptima.³¹

Se puede decir que en esta técnica de cultivo, se incluyen innovaciones en la forma de cultivo e infraestructura o instalación, lo cual impacta en la reducción de costos y, en cuanto a los materiales utilizados en la técnica NFT, éstos son resistentes a la degradación por los rayos solares, los recipientes son inertes y no tóxicos para las plantas, por lo que se recomienda evitar materiales de metales zincados o galvanizados para que no dañen la planta.³²

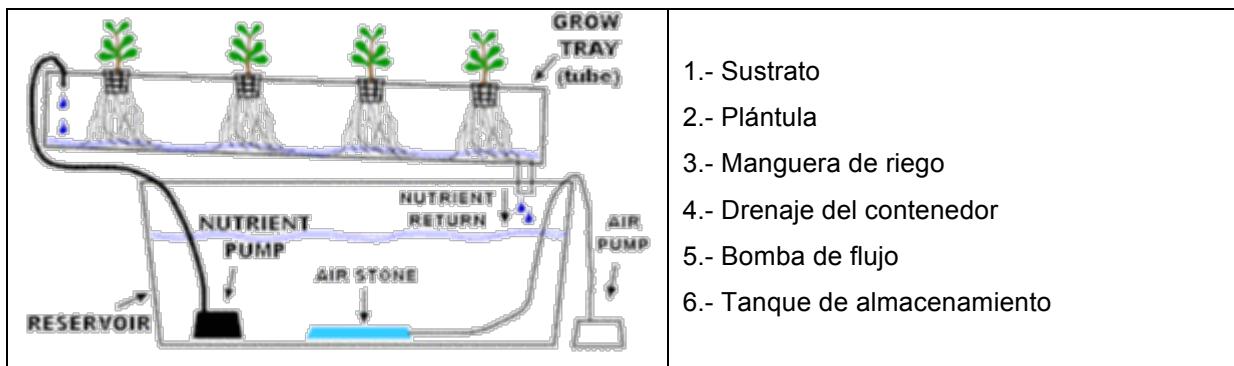
La figura 5 muestra un prototipo de cultivo con película nutritiva, el cual se compone por un tanque de almacenamiento, una bomba, mangueras y drenaje del contenedor.

³⁰ Samperio R. Gloria. 2008. Pp.31-33.

³¹ Ibid.

³² Samperio R. Gloria. 2008. Pp.31-33.

Figura 5. Cultivos con Película Nutritiva (N.F.T)



Fuente: Sistemas fáciles de hidroponia. [### 2.1.6. Cultivos Acuapónicos](http://www.google.com.mx/imgres?imgurl=http://www.elmejorguia.com/hidroponia/>.Modificado por: Penélope De la Rosa.</p>
</div>
<div data-bbox=)

La acuaponia es una técnica de producción que combina métodos de recirculación del agua de la acuacultura con la hidroponia. La circulación del líquido se utiliza en el método intensivo de piscicultura; lo que hace que los sistemas de filtración remuevan las secreciones de los peces, ricas en nutrientes, de esta forma se mantiene una calidad de agua aceptable, ya que los estanques contienen altas densidades de población de peces. Las excreciones de éstos proveen de alimento a las plantas para su crecimiento y, a su vez las plantas funcionan como un filtro natural para el agua de los estanques. Estas características propician un mini ecosistema; donde, tanto plantas como peces crecen. En esta simbiosis, se considera que la acuaponia es la respuesta ideal a los problemas de la piscicultura con relación a los excrementos de los peces, que son nutrientes que pueden ser aprovechados por las plantas.³³

Se cree que la clave para que un sistema acuapónico sea exitoso es tener una colonia sana de bacterias desintegradoras, las cuales se encargan de descomponer las heces de los peces antes de que el agua llegue a los cultivos hidropónicos. Las bacterias convierten el amoniaco y el nitrito en nitratos, este proceso de transformación es

³³ Ibid.

aprovechado por las plantas para su crecimiento. Sin las bacterias, los niveles de nitritos y amoniaco son tóxicos para las plantas y los peces.³⁴ (Ver figuras 6^a y 6b)

Figura 6a. **Vista general del cultivo.** Figura 6b. **Tanques de acuaponia**



Fuente: <https://www.aquaponics.com/aquaponics/aquaponicsoverview.php> 04-07-10.

En las figuras 6a y 6b se muestra el funcionamiento de un sistema acuapónico. La figura 6a revela el tanque de peces Tilapia del Nilo, además se identifican algunos ductos que llevan el agua de los peces a la plantación de lechuga. Con respecto a la figura 6b se observan mangueras negras que cuelgan, las cuales conducen el agua extraída del tanque de los peces.

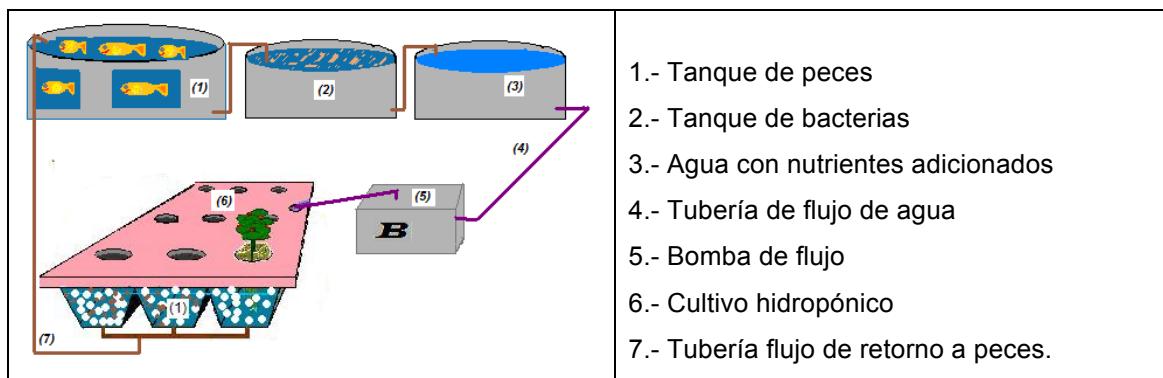
La figura 6b muestra un sistema completo de acuaponia. Al lado de los tanques de los peces se encuentran otros más abajo que las bacterias desintegradoras de las heces y el último estanque contiene los nutrientes que se adicionan los nutrientes para las plantas, en la parte inferior del conjunto de estanques se ubican los conductos de color lila que llevan el agua a las plantas.

En esta pareja de figuras se aprecia el funcionamiento de un sistema acuapónico, en el cual inicia en el tanque de los peces, pasa por el tanque de bacterias y sigue con el tanque de nutrientes para las plantas. El agua se transporta por una tubería, con ayuda

³⁴ “Beginning Hobby Aquaponics” Nelson L. Rebecca; Pade John. 2010. Memoria del 7mo. Congreso Internacional de Hidroponía. Traducción Penélope De la Rosa.

de una bomba de flujo, y después de conducirse a las plantas se retorna al tanque de los peces. Es de apreciarse el circuito de reúso que hace eficiente el agua y los nutrientes para las plantas. La figura 7 muestra el circuito del cultivo acuapónico.

Figura 7. Cultivos acuapónicos



Fuente: Sistemas fáciles de hidroponía. <http://www.google.com.mx/imgres?imgurl=http://www.elmejorguia.com/hidroponia/images/Sistema>. Modificado por: Penélope De la Rosa..

2.2. Componentes esenciales de la hidroponía

El sustrato es uno de los elementos fundamentales de la hidroponía. El término sustrato se aplica a todo material sólido, distinto al tierra y permite sostener la siembra en hidroponía como sustituto de suelo. Los sustratos son los materiales que permiten el crecimiento las plantas y sustituyen el suelo, es por esto que cumple ciertas funciones, una de ellas es como soporte de la planta; retenedor de humedad. Por su grado de porosidad es posible oxigenar la raíz y disponer de agua y nutrientes, en tal sentido permiten que la planta los pueda absorber de una manera más eficiente, porque la raíz no tiene la materia orgánica que inhibía la rápida disponibilidad de los ellos.

Se han analizado, clasificados, probados y evaluados los sustratos como medios para cultivar y, se concluye que todos son útiles; algunos tienen más ventajas que otros. Sin embargo es posible considerar un sustrato ideal, esto depende del uso específico al

que vaya a ser destinado, es decir, si es para germinación de la planta, o crecimiento y desarrollo.³⁵

2.2.2. Tipos de sustratos según sus propiedades

Los sustratos más conocidos son los químicamente inertes y los activos. La diferencia entre ambos, se basa en la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC). De hecho, cuando la CIC es pequeña o nula el material actúa exclusivamente como medio de soporte para el cultivo, ya que no ejerce influencia sobre el intercambio de minerales que se alimentan la planta. Los materiales químicamente activos acumulan los nutrientes y forman una reserva que es utilizada por la planta; éstos actúan como un colchón entre el suministro y la planta, que amortigua cualquier variación durante el crecimiento de la planta.³⁶

En el cuadro 4 se presentan los tipos de sustratos de acuerdo a las características químicas.

Cuadro 4. Tipos de sustratos según las características químicas

Químicamente inertes	Químicamente activos
Arena silícea o granítica	Turbas rubias y negras
Grava	Orujos
Roca volcánica	Cortezas de pino
Perlite	Residuos lignocelulósicos
Lana de roca	Vermiculita, etc.
Arcilla expandida, etc.	

Fuente: Florián, Pedro. 2010. 7mo. Congreso Internacional de Hidroponía. Asociación Hidropónica Mexicana.

³⁵ Un paso más en la Hidroponía. Samperio R. Gloria. 2004. Pp. 57.

³⁶ “los sustratos para el cultivo sin suelo” Pedro Florián. 7mo. Congreso Internacional de Hidroponía. Asociación Hidropónica Mexicana. 09/03/2010.

De acuerdo con las características descritas en el cuadro 4, cabe señalar que es recomendable optar por los sustratos químicamente inertes ya que su uso asegura que la planta reciba únicamente los nutrientes adecuados. La figura 8. Muestra los diversos tipos de sustratos químicamente inertes.

Figura 8. Sustratos químicamente inertes



Fuente: <http://www.masecor.com/es/>

Por otra parte, los sustratos químicamente activos son aquellos que pueden descomponerse al estar en contacto con la solución nutritiva para alimentar las plantas, de hecho, al descomponerse el sustrato químicamente activo pasa a ser parte del alimento de la planta. La figura 9 evidencia ejemplo de este tipo de sustratos

Figura 9. Sustratos químicamente activos



Fuente: <http://www.masecor.com/es/>

2.2.3. Clasificación de los sustratos según su origen

La siguiente taxonomía muestra el tipos de sustratos según su origen, el primero se refiere a los orgánicos o naturales, los cuales son representados por turbas rubias y negras, fibra de coco y los subproductos de las actividades agrícolas, urbanas e industriales. Por lo general necesitan un tratamiento de compostaje para ser aptos para el cultivo, por ejemplo, los orujos de uva, cortezas de árboles, paja de cereales, residuos sólidos urbanos, lodos de depuración de aguas, etc. Por lo que se refiere a los sintéticos, corresponden a los polímeros de la industria de los plásticos, no biodegradables, por ejemplo, poliuretano, poliacrilamida, poliestireno. En tanto que los minerales naturales proceden de rocas y minerales diversos tales como arenas, gravas, arenas volcánicas (puzolanas, zeolitas). Así mismo, los materiales tratados proceden de rocas y minerales tratados industrialmente por procedimientos físicos en general, y en menor medida por procesos químicos, de tal modo que sus propiedades resultan muy alteradas, son ejemplos, perlita, lana de roca, vermiculita, arcilla expandida, escorias industriales de altos hornos, estériles del carbón.

Las turbas son sustratos que se forman en la etapa en la que vegetación se transforma en carbón mineral, son el resultado de la putrefacción y carbonificación parcial de la vegetación en el agua ácida de pantanos, marismas y humedales. La formación de una turbera es relativamente lenta por la escasa actividad microbiana, debida a la acidez del agua o la baja concentración de oxígeno.

Las turberas son cuencas lacustres de origen glaciar que contienen grandes cantidades de material vegetal más o menos descompuesto y que se les conoce como turba de agua dulce. La materia vegetal que se acumula por debajo del nivel del agua de un lago está en condiciones de continua saturación y de poca disponibilidad de oxígeno, de esta manera se fomenta la actividad de las bacterias transformadas. Las turbas se pueden clasificar en dos grupos: Turbas rubias y negras. Las rubias tienen un mayor

contenido en materia orgánica y están menos descompuestas, las negras están más mineralizadas y tienen un menor contenido en materia orgánica.³⁷

Samperio (2009), marca que los materiales orgánicos como la cáscara de arroz, viruta, aserrín de madera, cáscara de coco no son recomendables para el cultivo hidropónico, ya que no son duraderos y, al degradarse pueden obstruir el paso de la solución nutritiva o del oxígeno y; pueden contaminar las plantas con facilidad, puesto que desarrollan hongos o lama. En general los sustratos derivados de subproductos agrícolas, urbanos e industriales necesitan un tratamiento de compostaje para ser aptos para el cultivo. Por otra parte, los sintéticos como los polímeros de la industria de los plásticos, no biodegradables, por ejemplo: poliuretano, poliacrilamida, poliestireno, hule espuma, el “*tecnosport*” y los *pelets* o esponjas de polipropileno (trozos de plástico).^{38,39}

Con respecto a los materiales minerales naturales son los que proceden de rocas y minerales diversos, tales como: arenas, gravas, arenas volcánicas (puzolanas, zeolitas) etc.⁴⁰ Al respecto, Samperio (2009), señala que los sustratos naturales que sobresalen son la grava, el arena, el tezontle, la piedra pómex, el carbón mineral y la piedra volcánica (como el basalto).⁴¹

Los sustratos tratados proceden de rocas y minerales tratados industrialmente por procedimientos físicos en general, y en menor medida por procedimientos químicos; de tal modo que sus propiedades resultan muy alteradas, ejemplo de éstas son la perlita, la lana de roca, la vermiculita, la arcilla expandida, las escorias industriales de altos hornos y estériles del carbón.⁴²

³⁷ Wikipedia. (04 Agosto.2011). Turba.

³⁸ “los sustratos para el cultivo sin suelo” Pedro Florián. 7mo. Congreso Internacional de Hidroponía. Asociación Hidropónica Mexicana. 09/03/2010.

³⁹ Samperio R. Gloria. 2009. Pp.46

⁴⁰ “los sustratos para el cultivo sin suelo” Pedro Florián. 7mo. Congreso Internacional de Hidroponía. Asociación Hidropónica Mexicana. 09/03/2010.

⁴¹ Samperio R. Gloria. 2009. Pp.46

⁴² “los sustratos para el cultivo sin suelo” Pedro Florián. 7mo. Congreso Internacional de Hidroponía. Asociación Hidropónica Mexicana. 09/03/2010.

De los grupos de sustratos citados, el más indicado para el cultivo hidropónico es el que no tiene actividad química o la tienen muy reducida.⁴³ La figura 10 muestra varios ejemplos de sustrato, asimismo la figura 11 expone los sustratos sintéticos y la figura 12, los sustratos minerales.

Figura 10. Sustratos orgánicos



Fuente: http://www.alvinesa.com/productos_es.asp

Figura 11. Sustratos sintéticos



Fuente: <http://www.glaspol.net/>

⁴³ Ibid.

Figura 12. Sustratos minerales



Fuente: <http://www.infored.com.mx/p/grava-silica-granzon.html>

2.2.4. Características de los sustratos recomendadas para cultivo hidropónico

La característica que define la elección del sustrato es la ubicación del invernadero. Por ejemplo, si el cultivo se encuentra a nivel del suelo o en un tercer piso se recomienda que la carga sea menor, por tanto conviene poner un sustrato liviano como lo es la perlita, o como la lana de roca.

Para la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO por sus siglas en inglés), un sustrato debe cumplir con funciones y características de retención de humedad, pero con drenaje para facilitar la salida de los excesos de agua; de ligereza del material; de abundancia; de fácil acceso y transporte; de bajo costo; de condiciones de la aireación de las raíces y; de un tamaño que oscile de 0.2 mm. a 7 mm.⁴⁴

Además se recomienda tener cuidado o evitar que el sustrato se descomponga o se degrade con facilidad o que contenga elementos nutritivos, microorganismos tales como bacterias u hongos y residuos industriales, humanos y polvo.⁴⁵

⁴⁴ Marulanda, Cesar (2003). Huerta Hidropónica Popular.

⁴⁵ *íbid.*

El tamaño de las partículas para el cultivo determina el espacio, el cual es llamado espacio poroso; es decir, el lugar no ocupado por las partículas. Este espacio puede ser de dos tipos. Cuando los poros o espacios son muy pequeños, se denominan poros capilares; y cuando los espacios son más grandes, se les llama macro poros. Los poros capilares cumplen con la función de retener la humedad; mientras los macro poros permiten la aireación de las raíces y, por tanto, su oxigenación.^{46,47}

Aspectos recapitulativos

A lo largo de este capítulo, se mostraron los diferentes métodos de cultivo hidropónico, la gama abarca los identificados como los del 100% hidropónicos, ejemplo de ellos es el método de raíz flotante, en éste, la plántula se encuentra todo el tiempo sobre una cama de agua con los nutrientes necesarios; el semi hidropónico, considerado el de mayor facilidad para ser manejado por principiantes y como el método que tiene más similitudes con respecto al cultivo tradicional. Es éste el método elegido para la propuesta de producción y; los métodos más avanzados de hidroponía como son el NFT y el acuapónico. En el primero, por gravedad posibilita reducir la cantidad de agua para irrigar las plantas y en el segundo, se combina con la actividad piscícola que utiliza el agua para riego de los cultivos. Estos tipos son más complejos y costosos, por la infraestructura que necesitan.

Con respecto a la diversidad de tipos de sustratos se identifican los que por su origen y características pueden recomendarse. Es por estas bases que se recomiendan los denominados químicamente inertes ya que garantizan que las plantas reciban únicamente el nutriente que sea colocado en el agua para el riego de las mismas. La Perlita y roca volcánica son los sustratos elegidos para el cultivo semi hidropónico, que es el método seleccionado para este trabajo de investigación.

⁴⁶ Ibid.

⁴⁷ Samperio R. Gloria. 2009. Pp.47.

Capítulo 3. Importancia de la hidroponía

En este capítulo se muestra la importancia de los cultivos hidropónicos tomando como marco de referencia el estado de los suelos y los diversos cambios a los que se exponen. Los avances tecnológicos del método de cultivo están guiados por los resultados y aplicaciones obtenidos por la NASA.

Por otra parte, se exponen a través de cuadros comparativos las diferencias y beneficios de los métodos de cultivo en cuestión. En éstos se expresan el manejo, la producción, el rendimiento y la calidad con respecto al método de cultivo tradicional en tierra. A la par se muestra la viabilidad para implementar este método de cultivo hidropónico en las zonas urbanas, así como de las ventajas de su introducción en estos espacios, además de manera concomitante se referirán algunos modelos de cultivo hidropónico en Latinoamérica.

3.1. Producción de alimentos en tierras no fértiles o zonas no aptas para cultivo

Por principio se reconoce que la presencia de una diversidad de suelos explica la vocación de éstos para un determinado cultivo, así se identifican diversos cambios físicos, químicos y biológicos que también determinan la vocación de éstos. Los cambios físicos de las ciudades en las que vivimos, están determinados por la incorporación de planchas de cemento que impiden el desarrollo de las raíces.⁴⁸

Por otro lado, los cambios químicos en el suelo tienen diversos orígenes; sobresalen los suelos contaminados por el manejo de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos, que derivado de su descomposición se forman lixiviados. De esta forma, los suelos pueden ser descompuestos químicamente mediante la acción combinada de ácidos

⁴⁸ *Hydroenvironment.* (s/f). Información cultivos hidropónicos.

débiles disueltos en agua superficial, meteórica, hidrólisis, ácidos orgánicos, bacterias y la acción de plantas.⁴⁹

La descomposición química es, con frecuencia, una reacción no deseada, pues la estabilidad de un compuesto es siempre limitada cuando se le expone a condiciones ambientales extremas como el calor, la electricidad, las radiaciones, la humedad o ciertos compuestos químicos (ácidos, oxidantes, etc.). Los casos más frecuentes de descomposición son la térmica o termólisis y la electrólisis y la descomposición química total de un compuesto origina los elementos que lo constituyen.⁵⁰

También de manera natural hay elementos tóxicos para las plantas, tales como el como el aluminio y el níquel, pero también los suelos extremadamente salinos, ácidos o alcalinos impiden el crecimiento de las hortalizas.⁵¹

Por último, los cambios biológicos pueden generarse debido a la existencia de organismos invertebrados como los nemátodos, hongos del reino fungí o *eumycota* y *protozoa* que forman parte de la materia viva del suelo, pero que al alimentarse de raíces, tallos y hojas perjudican para los cultivos.⁵²

Al tener presente los cambios adversos del suelo y desde este panorama, la hidroponía ha surgido como una alternativa no solo para atender la demanda de las fuerzas bélicas, sino sobre todo para cubrir necesidades alimenticias de la población. Los pioneros casos exitosos se desarrollaron a partir de las técnicas de cultivo hidropónico utilizadas a partir del año 1945 para el consumo de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos. De manera sistemática se construyeron granjas hidropónicas en la Isla de Ascensión en el Atlántico Sur por la fuerza aérea de Estados Unidos. Estas acciones contribuyeron a implementar la hidroponía a gran escala.⁵³

⁴⁹ Wikipedia. (s/f). Erosión.

⁵⁰ Wikipedia. (20 septiembre 2014). Descomposición química.

⁵¹ Hydroenvironment. (s/f). Información cultivos hidropónicos.

⁵² ⁵² Íbid.

⁵³ S/A.(s/f). La Hidroponia.

En la Isla de la Estela en el atolón del oeste de Océano Pacífico de Hawái, la fuerza aérea de EEUU construye pequeñas “camas de crecimiento” en 120ft² de área cultivable. El rendimiento semanal registrado se expresa como sigue: 30 lbs. de tomates, 20 lbs. de judías verdes, 40 lbs. de maíz dulce y 20 cabezas de lechuga. El Ejército de EEUU también establece camas de crecimiento hidropónico en la isla de Iwo Jima en donde emplea por un lado piedra volcánica aplastada como sustrato, con rendimientos similares y; por otro, usa arena gruesa con la solución bombeada en un ciclo prefijado. Aquí se introducen técnicas empleadas en la isla de Ascensión que de igual manera se usan más tarde en varias instalaciones en las islas del Pacífico como Iwo Jima y Okinawa.^{54,55}

A finales de la Segunda Guerra Mundial (1945), el Ministerio Aéreo de Londres desarrolla cultivos sin suelo en la base del desierto de Habbaniya en Irak, y en la isla de Bahrein en el Golfo Pérsico, donde se sitúan campos petroleros. En este caso en Habbaniya se instalaron los cultivos.⁵⁶

3.2. La Hidroponía en hábitats extraterrestres

Los grandes avances tecnológicos se destinan a la guerra y a la exploración del espacio con bastos,⁵⁷ aunque un extracto de la población en el mundo pasa por una gran necesidad alimenticia, por lo que, esta alternativa, con una gestión eficaz de los recursos hidropónicos puede atender la demanda de alimentos.⁵⁸

La Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA por sus siglas en inglés) la ha realizado sistemáticamente prácticas hidropónicas desde la Conquista del Espacio para alimentar a los astronautas. Hoy las naves espaciales viajan seis meses o un año. Los tripulantes durante ese tiempo comen productos vegetales cultivados en

⁵⁴ibid.

⁵⁵ibid.

⁵⁶ibid.

⁵⁷*Plant production in extra-terrestrial habitats*. Kanapathipillai Wignarajah. NASA. 7mo.Congreso Internacional de Hidroponía. Marzo 2010.

⁵⁸ibid.

el espacio. La NASA ha producido con esta tecnología *Controlled Ecological Life Support System* (CELSS por sus siglas en inglés) para la base proyectada en Marte.⁵⁹

La figura 13 muestra el cultivo de lechuga en el Centro de Prototipo Experimental Comunidad de Mañana para la NASA.

Figura 13. **Centro de Prototipo Experimental Comunidad de Mañana (EPCOT)**



Fuente: Porque Cultivar en Hidroponía. En:

http://www.hydroenvironment.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=23&chapter=1

En la figura se observa el sistema experimental CELSS fotografiado en *Epcot Center* (EEUU) el cual permite cosechar lechugas cada 21 días. En este caso se usan lámparas de alta intensidad de descarga que simulan la luz solar directa en el espacio.⁶⁰

⁵⁹ Hydroenvironment. (S/f). Información cultivos hidropónicos.

⁶⁰ Hydroenvironment. (S/f). Información cultivos hidropónicos.

3.3. Beneficios de la Hidroponía

Desde el punto de vista del consumo energético, el cultivo hidropónico utiliza una ruta de mayor eficiencia porque integra los nutrientes de manera directa y rápida. Al respecto, el resultado del crecimiento de una planta en un cultivo hidropónico es más rápido que en un cultivo tradicional, cuyo soporte es el suelo. La proporción es de 30% a 50% mayor para los cultivos hidropónicos. Al respecto, algunos científicos creen que hay diversas razones que marcan considerables diferencias entre estos dos tipos de cultivos. Por una parte, en el caso de los hidropónicos se presenta una considerable aireación que estimula el desarrollo de la raíz, y con ello, las plantas absorben los nutrientes con mayor rapidez. Estos nutrientes son mezclados con agua y se envían directamente al sistema. Por ello la planta no tiene que buscar en el suelo los nutrientes que requiere. Dichos nutrientes son absorbidos por la planta varias veces por día. Por ello, la planta hidropónica utiliza muy poca energía para absorber sus nutrientes.⁶¹

Sucintamente, las ventajas de la práctica hidropónica se expresan como sigue:

- π La producción es independiente de las estaciones, ya que los invernaderos garantizan el clima para su crecimiento.
- π La producción es independiente de la calidad y tipo de suelo, pues el sustrato y la solución de nutrientes lo sustituye.
- π La producción es independiente de la calidad de los nutrientes.
- π La práctica permite la producción de semilla libre de agentes químicos para la planta.
- π En el sistema, se controlan plagas, parásitos, bacterias, hongos y virus.
- π El sistema de uso del agua es eficiente, porque la recicla.
- π Permite la disminución del uso de agentes tóxicos.
- π No usa maquinaria pesada.
- π Puede ser altamente automatizada.
- π Puede protegerse de los efectos del clima.

⁶¹ Greentrees (2009). *Hydronic Gardening for Beginners*.

- π Puede calcularse el retorno económico con un margen de error menor que en cultivo tradicional.
- π Las frutas y vegetales tienden a crecer de forma regular (todos con el mismo promedio de tamaño) sin que haya parches de tierra de mejor o peor calidad porque no dependen de la tierra sino de las soluciones y del sustrato.
- π Permite la implementación de cultivos en zonas urbanas y suburbanas (incluso en patios, terrazas, etc.) en forma de huertos familiares.
- π No requieren grandes extensiones de tierra.
- π Inocuidad⁶² de los productos para el consumo directo y la micro comercialización.
- π Utilidad recreativa, se reconoce que los cultivos hidropónicos son muy atractivos y su práctica permite disfrutar paso a paso con cada uno de los cambios que presentan las plantas.
- π Integración de la familia por el trabajo familiar.⁶³
- π Utilidad didáctica, ya que la hidroponía se puede aplicar en todos los niveles académicos. Desde niños hasta adultos encuentran en esta técnica una manera práctica y divertida de aplicar sus conocimientos.⁶⁴
- π Utilidad terapéutica por la versatilidad de los cultivos sin tierra les permite ser aprovechados ampliamente en el campo terapéutico. Los cultivos verticales o alzados del suelo son óptimos para personas que tienen limitaciones físicas como terapia ocupacional y económicamente productiva.⁶⁵
- π Elevadas producción; con reducción de costos.
- π utilización intensiva del espacio los recursos de cultivo.
- π Excelente calidad de los productos alimenticios que se cultivan.
- π Valores ecológicos.
- π Valor social en general.⁶⁶

⁶²Restaurantes de México. (22 Agosto 2007). Inocuidad alimentaria.

⁶³*Hydroenvironment*. (S/f). Información cultivos hidropónicos.

⁶⁴íbid.

⁶⁵íbid.

⁶⁶“Hidroponía Básica” Samperio Gloria R. 2008

Cuadro 5. Comparativo de la producción entre cultivo en tierra y en hidroponía

Cultivo	En tierra Ton/ha.	En hidroponia Ton/ha.
Arroz	1.2	6
Avena	1.12	2.8
Betabel	10	30
Col	14.5	20
Chícharo	2.5	22
Fríjol	12	50
Jitomate	25 a 30	200 a 700
Lechuga	6 a 10	23
Papa	30	150
Pepino	7 a 10	31 a 35
Soya	.62	1.75
Trigo	.67	4.6

Fuente: Resh H.M. *Hydroponic food production*, Woodbridge Press, San Ramón California, 1995 en Samperio R. Gloria. (2009).

El cuadro 5 señala el evidente rendimiento del cultivo en hidroponía. El cultivo de jitomate es el típico representativo de la práctica de esta técnica. Le sigue el chícharo y el frijol, pero en general en todos los casos, al menos triplica la producción con respecto a un cultivo tradicional.

3. 3.1. La Huerta Hidropónica Popular

Hoy se concentra en el mundo el 80% de la población en las ciudades y la demanda por los alimentos es más elevada, entonces la hidroponía popular o cultivos sin suelo hace posible producir en espacios pequeños, con artículos que han sido desechados, con escasa cantidad de agua y poco trabajo físico para obtener hortalizas frescas, saludables y abundantes. Por éstas características, se le ha llamado a la hidroponía popular como la tecnología del reciclaje de residuos y de los pequeños espacios. Por lo que se refiere a la productividad, se considera que el cultivo hidropónico, cuando se lleva en condiciones óptimas, es más productivo que los sistemas hortícolas

tradicionales, por lo que es importante mostrar las ventajas centradas en aspectos sociales.

La práctica de esta tecnología de agricultura urbana posibilita el uso productivo del tiempo disponible de algunos miembros de la familia, que normalmente se utiliza en actividades que poco contribuyen a la proyección de la familia. *Grosso modo* se pueden identificar ventajas tales como:⁶⁷

- π Mejora la cantidad y calidad de la disponibilidad de alimento en la familia sin mucha inversión.
- π Fortalece la económica de la familia por dos caminos; uno porque genera ingresos de la venta de la producción y otra porque se ahorra la compra de hortalizas pues ella las genera.
- π Crea fuentes de trabajo en las ciudades o en sectores donde no hay un fácil acceso a un empleo estable.
- π Generar y promueve actitudes positivas a través de un manejo comunitario auto generado.
- π Promueve micro empresas comenzando a través del uso del tiempo disponible de algunos miembros de la familia.
- π Provee a las personas de la tercera edad o aquellas con limitaciones físicas y/o mentales con la posibilidad de sentirse útiles y valiosos para su propia familia, la comunidad y ellos mismos.
- π Inducir un interés temprano en los niños hacia actividades productivas de la familia y para el trabajo conjunto en el mismo lugar en donde se realiza el cultivo.

⁶⁷ Cesar Marulanda (2003). Huerta Hidropónica Popular. FAO

Existen modelos exitosos de cultivo, los lugares donde se han construido sistemas hidropónicos con éxito son espacios que pertenecen a países como Perú, Costa Rica, Ecuador, Argentina, Colombia y México entre otros. Sin embargo, la característica que comparten es que los países tienen severos problemas de nutrición. Por otro lado, se identifican comunidades que han realizado prácticas hidropónicas como medio de subsistencia y se ha registrado la participación de la población, ya que además de ser una fuente de alimento es un medio de ingreso y de convivencia familiar y comunal.

El trabajo que emprende la Organización para la alimentación y agricultura (FAO por sus siglas en inglés) a través de la Oficina Regional para América Latina y el Caribe se centra en la elaboración de programas de agricultura urbana y peri-urbana, en México la hidroponía se encuentra en una fase que podríamos denominar inicial ya que el mayor conocimiento de esta técnica se desarrolla en grandes empresas que se dedican a la comercialización de sus productos a gran escala, la difusión de la misma se está realizando por instituciones no gubernamentales las cuales cuentan con programas de ayuda a la comunidad con el patrocinio de instituciones privadas.⁶⁸

Aspectos recapitulativos

El continuo deterioro y contaminación de los suelos de nuestro país hacen del cultivo hidropónico una alternativa para disminuir la presión y permitir la regeneración o saneamiento de éstos, al tiempo se puede convertir en producción de alimentos disponible.

Los casos exitosos desarrollados por la NASA y por el ejército de los Estados Unidos de los cultivos hidropónicos en sitios no aptos para la agricultura tradicional dan cuenta de la experimentación e innovación y mejora de los métodos en los últimos 50 años.

⁶⁸ Huerta hidropónica popular, 2003.

Las diferencias y beneficios entre los métodos hidropónicos y el método tradicional de cultivo denotan la inocuidad de los cultivos, el reúso y cuidado del agua, disminución de agentes tóxicos en los cultivos, pequeñas extensiones para la labor, que a la par son alternativas para mejorar las condiciones de vida que impacte en la alimentación, ingresos y como terapia ocupacional.

Segunda Parte

Marco Empírico. Desarrollo de Propuesta de Cultivo Hidropónico para Autoconsumo

En esta parte del trabajo se describen las especificaciones y/o características que son condición necesaria para la construcción de la infraestructura del cultivo hidropónico. Los diversos tipos de invernaderos, a adaptarse a las condiciones habitacionales. Las características a considerar se relacionan con las dimensiones, los costos aproximados de montaje, la distribución de las áreas dentro del invernadero, los posibles materiales a utilizar en cada una de las fases de crecimiento de las plantas. Asimismo se detallan los posibles los tipos de riego y contenedores, las labores que abarcan desde la selección de semillas, la siembra, germinación y trasplante, los cuidados del cultivo en general hasta llegar la cosecha. Además se muestran las características de la solución nutritiva.

Capítulo 4. Propuesta de Sistema de Cultivo Hidropónico para Autoconsumo

Por medio del cultivo hidropónico se busca producir alimentos inocuos es decir que no hacen daño, mediante la utilización de herramientas baratas, materiales disponibles en pequeños espacios, generando de manera indirecta ingresos a la familia mediante la posible comercialización de hortalizas a micro escala.

La elección de producción hidropónica, parte de los siguientes supuestos, que son tratados de manera exhaustiva es este capítulo:⁶⁹

A) Construcción de Infraestructura

- π Localización en planchas de concreto y en espacios pequeños.
- π Cerca de una fuente de agua potable.

⁶⁹ Cesar Marulanda (2003). Huerta Hidropónica Popular. FAO

- π Instalación de techo plástico transparente.
- π Instalar malla de sombra (hasta 50%).
- π Instalar barreras.

B) Condiciones ambientales

- π Seis horas de luz solar como mínimo.
- π Orientación al norte.
- π Protección a las heladas y lluvias fuertes.
- π Protección a la fuerte radiación.
- π Protección contra los vientos fuertes.
- π Protección de animales domésticos.

C) Uso de instrumentos y materiales de bajo costo y que en su mayoría son considerados materiales de desecho.

- D) Inversión mínima.
- E) Trabajo familiar.
- F) Producción para consumo propio.
- G) Comercialización local.

Ahora se exponen las características mínimas por atender para la construcción del sistema hidropónico de cada una de las condiciones de producción hidropónica..

4.1. Construcción de Invernadero

¿Dónde construir el invernadero?

Por lo que se refiere a la construcción del invernadero y las características del lugar donde se construirá es necesario tener en cuenta que un invernadero es una construcción que está diseñada para captar y almacenar la energía solar, controlar el paso del aire y agua al interior; es decir, su función es proteger al cultivo de condiciones adversas para su desarrollo.

La construcción de las huertas puede realizarse en distintos lugares de la vivienda tales como techos, patios, ventanas, terrazas. Lo más importante es que reciban como mínimo seis (6) horas de luz solar, o sea espacios con buena iluminación, y con eje longitudinal mayor esté orientado hacia el norte. Además conviene considerar para su funcionamiento aspectos tales como: cercanía de agua potable, cubiertas de protección de insectos, animales, así como de lluvia, heladas y radiación. Existen varios tipos de invernaderos según su forma geométrica, por eso conviene preguntarse por el tipo que puede adecuarse a las condiciones de la zona habitacional.

Tipos de invernaderos con base en las características de las casas

Dentro de los más comunes invernaderos se encuentran los siguientes.⁷⁰ El primer tipo de invernadero es el plano, éste se utiliza en zonas de poca lluvia y de altas temperaturas. No es muy recomendable para colimas templados con frecuentes, pues se estanca el agua en el techo por no tener pendiente. La única ventaja de este tipo de invernadero es la sencillez del montaje del plástico y la facilidad del armado. El material de construcción es variado pero el más económico son palos de madera.⁷¹ En la figura 14 se exemplifica el tipo de invernadero es el plano.

Figura 14. Invernadero de techo plano



Fuente: <http://www.infojardin.com/foro/showthread.php?t=158984>

⁷⁰ Rodríguez, Gloria. 2008. Manual de Invernaderos; Principios y Bases.

⁷¹ Íbid.

En segundo tipo de invernadero puede ser de una o dos aguas; el invernadero a un agua, se identifica por que presenta una pendiente hacia alguno de los lados de la construcción. Esto se consigue dejando uno de los lados más alto que el otro; este tipo de techo es uno de los más sencillos para la autoconstrucción.⁷² Ver figuras 15 y 16, el mismo tipo, construido con diverso material.

Figura 15. Invernadero de un agua



Fuente: <http://www.infojardin.com/foro/showthread.php?t=57540>

Figura 16. Invernadero adosado de un agua



Fuente: <http://www.jardineria.pro/22-12-2009/espacios/invernadero/caracteristicas-de-los-invernaderos>

⁷² Rodríguez, Gloria. 2008. Manual de Invernaderos; Principios y Bases.

El invernadero a dos aguas, es aquel que presenta dos pendientes cada una hacia el contrario de la otra dejando al centro del invernadero un punto más alto o cúspide. Dentro de las ventajas de este tipo, se destaca la fácil construcción y mantenimiento es muy adaptable para la colocación de todo tipo de materiales para la cubierta ya sean flexibles o rígidos, no hay riesgos de estancamiento del agua en el techo. Tal como se constata en la figura 17.⁷³

Figura 17. Invernadero de dos aguas de madera



Fuente: <http://transferagro.com/invernaderos.html>

En tercer tipo llamado túnel o semicilíndrico; la estructura de éste se forma por columnas y arcos cuyas dimensiones comunes son 2 m. de alto, 8 m. de cuerda y 1.25 m. de flecha para los arcos, la separación entre columna- arco es de 3. Este tipo forma parte de una serie de bloques de invernaderos agrupados. Una de las ventajas es la falta de obstáculos dentro del invernadero, la alta transmisión de luz solar, intensa luminosidad, fácil evacuación del agua de lluvia, buena resistencia a los vientos.⁷⁴ (Ver figura 18).

⁷³ Rodríguez, Gloria. 2008. Manual de Invernaderos; Principios y Bases.

⁷⁴ *íbid.*

Figura 18. Invernadero tipo túnel de madera



Fuente: http://www.lalaja.org/10_8.html

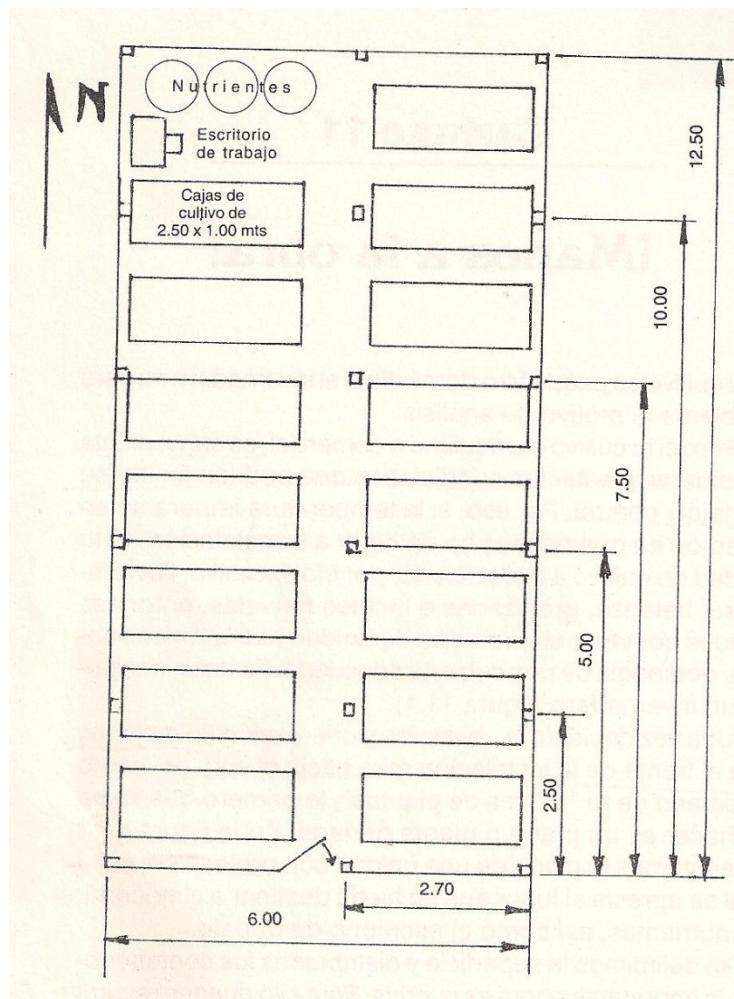
Es conviene considerar que los cultivos que son pequeños, las condiciones pueden limitar su manejo y control (climáticas e instalación). Lo más recomendable es que el frente de la instalación se dirija hacia el sur. En caso de tener piso de tierra se recomienda poner plancha de concreto pero para fines prácticos y económicos basta con poner costales de rafia desinfectados.

Si el cultivo es pequeño o doméstico la construcción del invernadero no representará ningún problema, aun cuando se comercialice a micro escala.

Una vez identificado el lugar que reúne las características ambientales y de espacio se procede a la construcción del invernadero. De acuerdo con Samperio (2009), lo primero a realizar es un plano o planta general, en la cual se ubican las áreas que integran el invernadero, como son la entrada; que deberá estar ubicada hacia el sur, área de almacenamiento, área de trabajo, escritorio, cajas o mesas de cultivo.⁷⁵ La figura 19 muestra el modelo elegido, así como la distribución de sus componentes en un plano.

⁷⁵Samperio, Gloria. 2009. Hidroponía Comercial

Figura 19. Distribución de áreas del invernadero



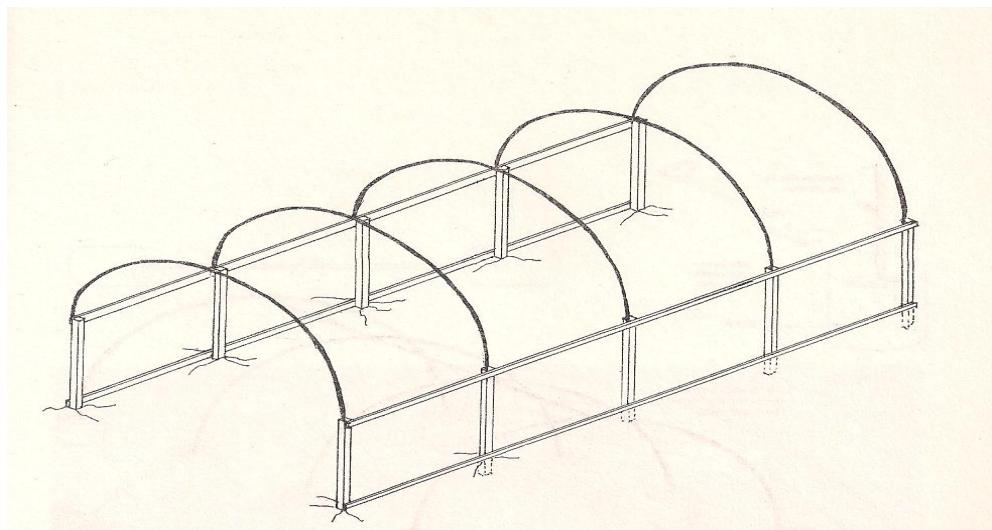
Fuente: Samperio (2009). Hidroponía Básica.

Con base en este plano se delimita el área general del invernadero, y se procede a cubrir el área; para ello se pueden utilizar diversos materiales, aunque los más usuales son varillas de fierro que serán cubiertas por el plástico y la madera, en el segundo caso recomiendo que se adquiera madera de segunda, lo cual disminuirá el costo de la inversión inicial.⁷⁶ (Ver la figura 20 que muestra el invernadero tipo túnel de madera, en el caso 1 y en el caso 2, el invernadero tipo túnel de varilla y cemento).

⁷⁶ Samperio, Gloria. 2009. Hidroponía Comercial.

Figura 20. Construcción invernadero tipo túnel de madera

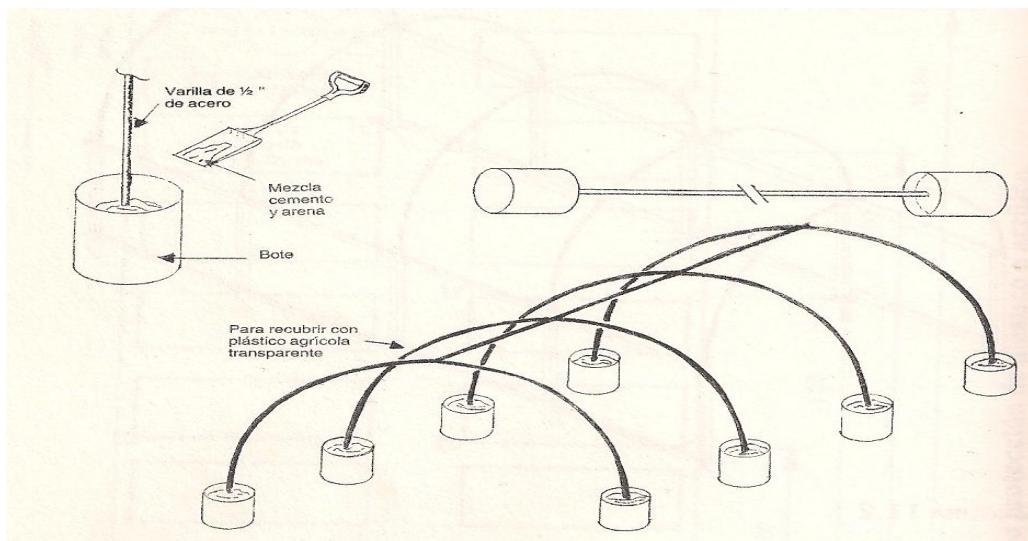
Caso 1. Invernadero tipo túnel de madera



Fuente: Samperio (2009). Hidroponía Básica.

Figura 21. Invernadero tipo túnel de varilla

Caso 2. Invernadero tipo túnel de varilla y cemento



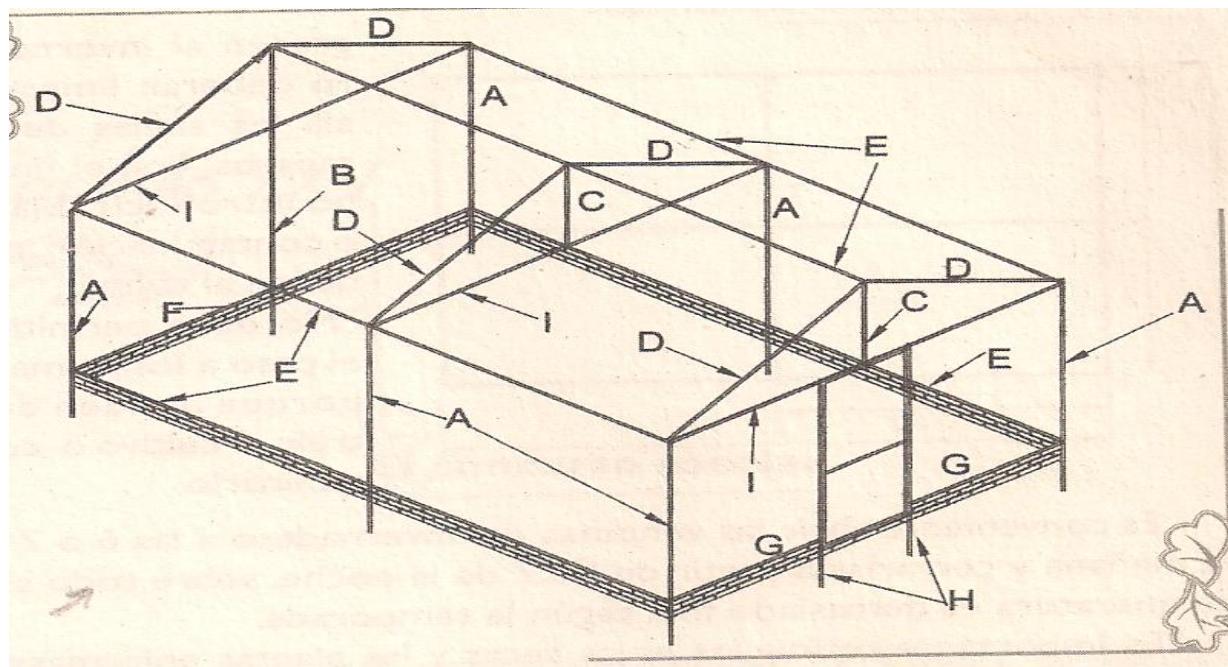
Fuente: Samperio (2009). Hidroponía Básica.

Las dimensiones para construir un invernadero son de 6 m. de largo por 4 m. de ancho, con 3.25 m. en su parte más alta y 2.5 m. en su parte más baja. Es recomendable para cultivos de autoconsumo que las paredes estén cubiertas por una malla especial para invernadero o en su defecto una malla anti mosquitos, además conviene tener cortinas plásticas para el control de la temperatura; las cuales deben abrirse para permitir la ventilación al interior del invernadero el suelo deberá mantenerse limpio y aislado de la tierra; para ello es preferible que el suelo se cubra por costales de rafia. El tabique rojo puede sustituirse por madera, 250 aprox.⁷⁷

Ahora conviene conocer las partes del invernadero de dos aguas para lo cual se recomienda ver las figuras 22 y 23, que muestran la construcción de invernadero de dos aguas, con sus respectivos componentes y el modelo ya terminado. El material puede ser madera u otro material de mayor resistencia. A la vez se presenta el cuadro 6 resumen que expone las partes y sus respectivas medidas.

Figura 22. Construcción de invernadero a dos aguas

Caso 3. Invernadero tipo dos aguas.



Fuente: Samperio (2009). Hidroponía Básica.

⁷⁷ Samperio, Gloria. 2008. Hidroponía Fácil.

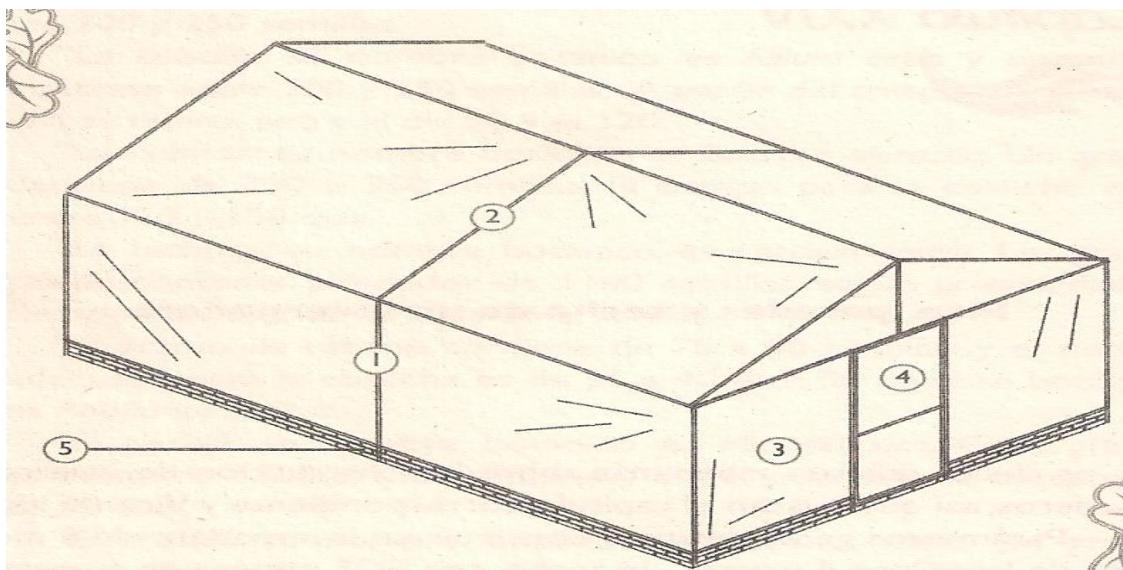
Cuadro 6. Partes que componen el diagrama

Parte	Nº de piezas	Longitud en metros
A	6	2.27
B	1	3.67
C	2	1.00
D	6	2.24
E	5	6.00
F	1	4.00
G	2	1.55
H	2	2.65
I	3	4.00
	2	0.89
Puerta Invernadero	2	2.15
	2	Bisagras soldables
Plástico invernadero	1	6x10
Plástico invernadero	2	3x4
Poligrap		

Fuente: Samperio (2008). Hidroponía fácil.

Figura 23. Invernadero ya cubierto de plástico

1.- Paredes, 2.- Techo, 3.- Frente, 4.- Puertas, 5.- Sardinel o pequeña bardita.



Fuente: Samperio (2008). Hidroponía fácil.

Infraestructura

Se entender por infraestructura como el conjunto de elementos o servicios que se consideran necesarios para la creación y funcionamiento de una organización cualquiera.⁷⁸ Los principales componentes de la infraestructura de los invernaderos son el riego y los contenedores. Cada uno tiene características específicas y en cuanto a los costos de los materiales empleados en esta técnica de cultivo se presentan por apartados: Invernadero, germinado, trasplante, cosecha.

El material empleado para la construcción del invernadero de 6x4x6 con estructura metálica cuenta con los siguientes materiales. Los costos de construcción pueden variar de acuerdo con el material que se emplee.

Cuadro 7. Invernadero

Material	Costo \$ m.n.	Especificación
π Plástico para invernadero	2,400.00	π 88 m ²
π Estructura metálica	8,000.00	π Dimensiones 4x6x2.5 Material y mano de Obra.
π Mesa para colocar plantas	1,500.00	π Madera de 1 ^a y <i>tripley</i> 6 mm.
π Clavos	250.00	π Clavos de 21/2"
π Plástico negro de invernadero	2,825.00	π 2.5 m x 2.5 m.
π Costo total	14,975	

Fuente: Elaboración Penélope De La Rosa a partir de la construcción de un invernadero propio.

Para la etapa de la construcción de semilleros y germinados, se presenta la información del cuadro 8 que muestra los materiales, los costos y las especificaciones requeridas.

⁷⁸ Real academia española. (2009). Infraestructura

Cuadro 8. Semilleros para el germinado

Material	Costo \$ m.n.	Especificación
π 1°s contenedores (vasitos # 0)	44.00	π 2 Bolsa con 50 vasitos c/u
π Sustrato (perlita)	120.00	π Costal con 20kg.
π Semilla	50.00	π 100 gr. de semilla estándar
π Costo total	\$214	

Fuente: Elaboración propia a partir de la construcción de un invernadero propio.

Asimismo, para la etapa del trasplante se presentan los materiales, el costo y las especificaciones en el cuadro 9.

Cuadro 9. Trasplante

Material	Costo	Especificación
π 2°s contenedores (bolsas de siembra)	250.00	π Por 100 bolsas de siembra de 1kg. de capacidad
π Sustrato	480	π 4 costales de 20 kg. c/u
π Solución nutritiva	60	π 2 kg. para 1000 l. de agua.
π Costo total	790	

Fuente: Elaboración propia a partir de la construcción de un invernadero propio.

El costo total de la implementación de este sistema asciende a un total de 16,079.00 pesos mexicanos. Si bien el costo de la implementación de esta técnica resulta alto, es derivado de que en este ejemplo se contempla la construcción del invernadero con estructura metálica. Existen otras formas más económicas de protección de las hortalizas. El costo total sin contemplar los gastos de invernadero asciende a 1,104.00 pesos mexicanos.

En cuanto a los niveles de consumo de los productos hidropónicos, los más demandados son: Tomate, chile cilantro, epazote, cebolla, ajo, zanahoria. El promedio que destina una persona por el consumo de hortalizas mensualmente es de 750 pesos y aproximadamente con ese costo es posible montar un invernadero de 2x2 m. con estructura de madera y las condiciones básicas adecuadas para su funcionamiento; cuya característica central sea 6 horas de luz solar.

Además los costos disminuyen considerablemente si se integran residuos sólidos. Algunos de los residuos pueden tener una doble vida al ser reutilizados en alguna otra actividad. Los materiales que se pueden considerar útiles en esta técnica tenemos los siguientes:

- π Botes de leche
- π Hueveras plásticas
- π Botellas de pet
- π Llantas en desuso
- π Bolsas plásticas de 40 cm. de largo
- π Granzón remanente de una construcción
- π Tarimas de desecho en construcciones
- π Carretillas inservibles
- π Cubetas de 20 l.
- π Tambos de 200 l.
- π Bolsas plásticas de mandado
- π Vasos de plástico
- π Unicel de embalaje
- π Plástico de bajo alfombra
- π Plásticos de embalaje
- π Maderas de desecho
- π Costales de rafia

El reúso de materiales puede ser tan amplio y tan variado como la imaginación lo permita. En el caso de los botes, latas y demás materiales de metal así como los de madera y las llantas deberá evitarse el contacto con el sustrato; para esto se debe colocar un plástico en buenas condiciones que mantendrá aislado el sustrato en el cual se desarrolla la raíz.

Para los metales se recomienda que además del plástico antes de colocar el sustrato se pinte con pintura de aceite ya que esto evitara que el proceso de oxidación del metal corroa. El plástico garantiza mayor tiempo de vida útil al contenedor. En el caso de los materiales plásticos deberán ser lavados, asegurándose que no queden residuos de lo que contenían originalmente. Los botes que hayan contenido material o substancias químicas tóxicas deberán evitarse su uso para este fin.

Para la construcción del invernadero se pueden utilizar elementos como el plástico de algunos embalajes y maderas que en algunos lugares se consideran de segunda o tercera, esto hace ahorrar costos en la construcción del mismo. En este punto es importante mencionar que no siempre es necesaria la construcción del invernadero, ya que muchos cultivos se pueden realizar al aire libre en las azoteas. Bastará con colocar una tapa a las plantas para evitar que estas les caiga con agua de lluvia, es en este punto donde se puede emplear el unicel o el plástico de bajo alfombra al cual se le puede dar la forma deseada.

Otra característica de la labor de la hidroponía tiene que ver con el mantenimiento de los cultivos motivo de unión familiar y relajamiento. En las grandes urbes como lo es la nuestra, la mayoría de la población se encuentra en un estado de estrés constante, derivado de las diversas actividades diarias de cada uno de los miembros de la familia. El mantenimiento de los cultivos ofrecen un “pretexto” para fomentar la convivencia entre los miembros de la familia, mediante actividades como la siembra, el trasplante de la plántula, el riego, la poda, limpieza del área, preparar la solución nutritiva, la cosecha y la comercialización de los productos que se obtengan mediante el cultivo.

Desde los orígenes de la agricultura esta se ha desarrollado como una actividad de grupos en los cuales se organizan familiares y vecinos para dar mantenimiento a sus tierras, generando con ello, una convivencia con las personas que conforman una comunidad. Esto lo se puede ver aún en las comunidades rurales que continúan realizando actividades agrícolas en grupos los vecinos y amigos que generalmente se reúnen en la mañana aproximadamente a las 7 am. Ahí, la familia propietaria del terreno ofrece un desayuno, después de este alimento, todos se ponen a limpiar el terreno aproximadamente a las 10 am. se ofrece un refrigerio el cual consiste en un pan o tamal, a las 2 de la tarde se invita a comer con lo cual finalizan las labores del día. Este tipo de actividades son lo que propicia un ambiente de unión y compañerismo entre los integrantes de la comunidad.

Las actividades que se realizan para el cuidado de las plantas son sencillas. El contacto con las plantas y el cuidado de las mismas son consideradas como actividades de relajamiento. Todas las actividades pueden ser realizadas con ayuda de los pequeños, de personas mayores o personas que presenten alguna discapacidad física.

Con respecto a la inversión inicial, es conveniente considerar dos aspectos básicos: El esfuerzo y la disciplina, los cuales llevarán a producir los propios alimentos y/o la fuente para complementarla. Con el cultivo hidropónico se obtienen vegetales y/o hortalizas para el consumo de la familia y se abre la posibilidad de comercializar los productos y obtener ingresos extras.

El cuadro 10 muestra la distribución de los tiempos estimados para desarrollar de manera general las diferentes actividades del cuidado de nuestras plantas. Estas corresponden a la siembra, riego, trasplante de plántula, preparación de la solución nutritiva, preparación de la solución nutritiva, poda, cosecha y comercialización.

Cuadro 10. **Tiempos estimados**

Actividad	Descripción	Tiempo	Personas requeridas
Siembra	Limpieza del sustrato	4 hrs	1
	Selección de semilla	30 min. – 1 hr.	1
	Siembra	10 hrs	5
Riego	Regado de las semillas sembradas	1 hr. diaria (30 min. mañana y 30 min. tarde)	1-5
	El brote de la semillas después de 20 días se trasplanta a un contenedor más grande	10 hrs.	1-5
Preparación de la solución nutritiva	Preparación de la solución nutritiva en agua.	1 hrs.	1
Poda	Cortado de las ramas no útiles a la planta	5 hrs a la semana (pueden ser distribuidas)	1-5
Limpieza del área	Limpiado del suelo y el área donde están las plantas	1 hr. diaria (barrido una vez al día)	1-5
Cosecha	Corte de los frutos ya listos para consumo humano.	2- 4 hrs. a la semana (esto depende de la cantidad de frutos)	1-5
Comercialización	Venta de los frutos de nuestros cultivos.	Indefinido; la familia pondrá tiempo y la forma.	1-5

Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que los tiempos y las actividades mencionadas en el cuadro 10 no son definitivos pueden variar de acuerdo con la extensión y cantidad de plantas, al igual que el número de personas que puedan participar de dichas actividades.

Tipo de riego

En los cultivos hidropónicos es imprescindible el uso de un sistema de riego para suplir las necesidades de agua de las plantas y suministro de nutrientes necesarios. Los sistemas de riego que pueden utilizarse van desde uno manual con regadera hasta otro más sofisticado con controladores automáticos de dosificación de nutrientes, pH y programador automático de riego⁷⁹.

La elección de una u otra técnica de riego depende de numerosos factores como las propiedades físicas del sustrato, los elementos de control disponibles, las características de la explotación, etc. Desde el punto de vista del movimiento de agua en el sustrato, los sistemas de riego se pueden clasificar en dos grandes grupos, aporte de agua de arriba hacia abajo (goteo y aspersión) o de abajo hacia arriba (sub irrigación). En el primer caso, el movimiento del agua durante el riego está regido principalmente por la gravedad. El segundo caso está regido por las fuerzas capilares.⁸⁰

En la técnica de cultivo hidropónico existen varios sistemas para proporcionar humedad y alimento a la planta para una producción optima, la forma austera y fácil de hacerlo incluye.

- π Riego por aspersión superficial; es el más recomendable para instalaciones domésticas, se puede usar una regadera manual o algún otro recipiente que la sustituya.
- π Riego por goteo; debe ser empleado utilizando la gravedad es decir en la parte más alta se colocara un contenedor con el agua y la solución nutritiva la cual ira circulando a lo largo de una manguera con orificios para regar las plantas.

⁷⁹ Correa Mónica. (Octubre 2009) ¿Que es la Hidroponía?

⁸⁰ Ibid.

- π Riego por sub irrigación; en este la solución nutritiva entra a los contenedores a través de canales o una instalación de tubería por la parte inferior, por lo tanto, los contenedores se inundan de abajo hacia arriba.
- π Riego por capilaridad, consiste en proporcionar a la planta los nutrientes disponiendo de dos contenedores o recipientes uno dentro del otro, el contenedor exterior estará lleno hasta una tercera parte de la solución nutritiva y habrá de ser de un diámetro mayor que el recipiente anterior, el contenedor menor con las plantas deberá tener un orificio en la parte inferior y será colocado dentro del contenedor con la solución nutritiva.⁸¹

Es importante recordar que el tipo de sistemas buscan alimentar a la planta, proporcionando los nutrientes necesarios para su desarrollo y evitar el derroche del agua, es por esto que después de haber regado la planta es importante recolectar el líquido por medio de tuberías o bien por goteo directo a cubetas.⁸²

Se finaliza este punto resaltando lo siguiente:

- π La red de distribución debe diseñarse de tal manera que se logre una uniformidad constante en la aplicación del riego, evitando que la solución nutritiva abunde en ciertas áreas y escasee en otras.
- π La calidad de los materiales debe garantizar su durabilidad instalando los que sean más adecuados al sistema.
- π En cuanto al volumen del riego se debe revisar que se esté aplicando realmente la cantidad adecuada de agua que requiere el cultivo.
- π Evitar las fugas de agua en el sistema ya que la solución nutritiva se perderá pudiendo ser aprovechada para futuros riegos.⁸³

⁸¹ Samperio. 2009. Hidroponía comercial.

⁸² Ibid.

⁸³ Samperio. 2007. Un paso más en la Hidroponía.

Contenedores

Como su nombre lo indica, el contenedor es cualquier recipiente con una regular capacidad, en el que se deposita el sustrato, la solución nutritiva y la planta que se va a cultivar.⁸⁴

Si el cultivo es doméstico, pequeño, basta con macetas, cubetas, cacerolas, ollas de barro o metálicas, bandejas, cajas de plástico, envases y bidones plásticos desechables de aceite, margarina, helados, yogurt, cajas de bebidas, cajas de madera forradas con plástico, bolsas plásticas, tubos de PVC o de plástico, bolsas plásticas verticales y envases de *tetra pack*.⁸⁵

Estos deben estar impermeabilizados para evitar que la solución reaccione con los materiales de hechura. Para este fin es suficiente con forrar el interior con plástico. En el caso de cajas y contenedores de madera pueden durar en producción de tres a cuatro años si están reforzados y se utiliza un plástico en buen estado. Todos los contenedores sin excepción alguna deben contar un grado de desnivel o pendiente de 2 o 3 cm. y deben ser completamente opacos para que la luz no penetre, los cuales deben tener un orificio de salida que pueda cerrarse por un tapón de hule para evitar la fuga del nutriente.⁸⁶

π Contenedor de madera

Para la construcción de un contenedor de madera, también denominado cama de cultivo, es conveniente seguir las siguientes especificaciones de construcción.

La profundidad del contenedor deberá ser de 10 a 12 cm., en caso que de sembrar zanahorias deben ser de 20 cm. El largo de 2 m. el ancho de 1m.

⁸⁴ Samperio Gloria. 2009. Hidroponía Comercial.

⁸⁵ Samperio Gloria. 2009. Hidroponía Básica.

⁸⁶ *íbid.*

El material consta de 6 tablas de madera ordinaria de 12 cm. de ancho y 2.40 m. de largo; clavos de 2", plástico negro calibre 0.10 de 1.50m. de ancho, 10 cm. de manguera plástica de 7 a 10 mm. para el drenaje. La colocación del plástico tiene la siguiente forma para un contenedor de $1m^2$ y 12 cm. de altura. Para ello, es necesario cortar el largo del contenedor, que será de más 3 veces la altura de las paredes de la cama ($1m.+3x0.12=1+0.36=1.36$ m.). Además conviene cortar el ancho del forro del tamaño del contenedor más 3 veces la altura ($1m.+3x0.12= 1+0.36= 1.36m.$).⁸⁷

No olvidar dejar el orificio para el drenaje de 7 o 10 mm. de grosor según se haya escogido, se coloca la manguera a través del plástico y la mesa. Una vez colocados se deberá sellar con cinta teflón para ajustar el plástico a la manguera. Por otro lado, el contenedor deberá tener drenaje, las patas del extremo del dren deben tener 2 o 3 cm. menos que las otras patas.

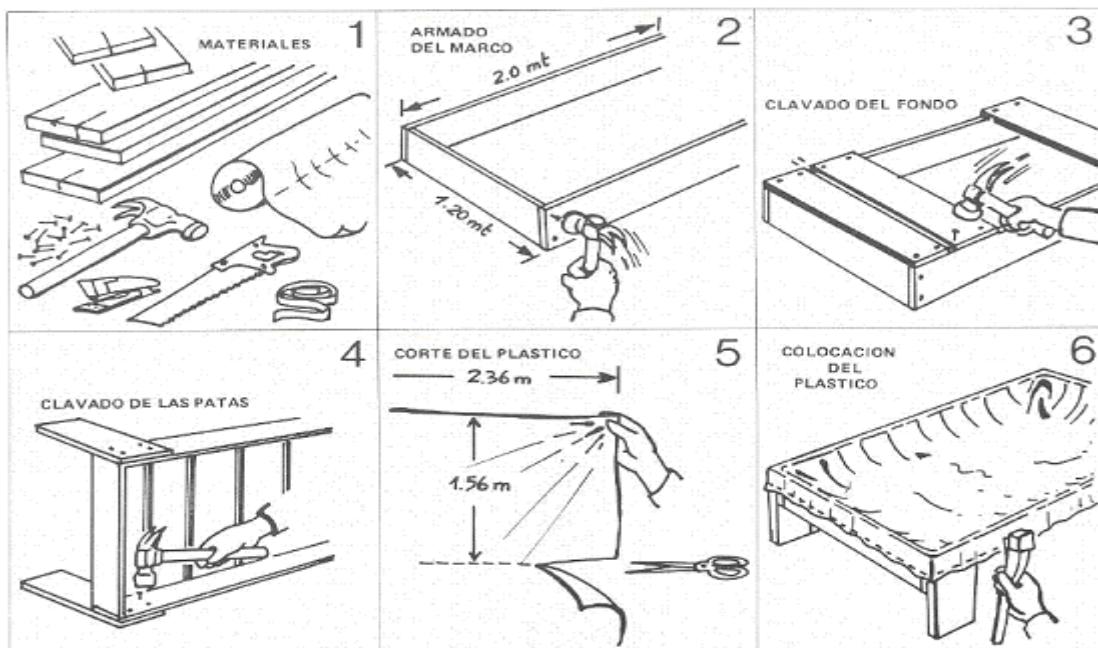
Una vez que se cuenta con todo el material listo y la mesa construida se procede a realizar la impermeabilización de la misma con plástico negro calibre 0.10., cubriendo con ello, el interior del contenedor. Se recomienda engrapar con cuidado el plástico para evitar perforaciones incorrectas al plástico.⁸⁸

Como primer paso se deberá definir el tamaño del contenedor de madera de acuerdo con la FAO por sus siglas en inglés, recomienda que la tabla de triplay será de 1.20 x 2 m. de largo. A la tabla se le clavarán en cada una de las partes más largas 2 tablas de 2.0 m. de alto por 15 cm. de alto. En los lados más cortos se clava una tabla de madera de 1.20 m. de largo por 15 cm. de alto en las orillas de cruce con las otras maderas. En la base del contenedor se unen los polines que funcionan como patas del contenedor (cama) de cultivo. Una vez realizado lo anterior se coloca el plástico para impermeabilizar el cajón de madera. El plástico debe cubrir los bordes exteriores de la cama de cultivo, así como la parte interior. Ver las figuras 24 y 25, la primera correspondiente a los pasos de construcción y la segunda al contenedor terminado.

⁸⁷ Marulanda (2003). Huerta Hidropónica Popular. FAO.

⁸⁸ibid

Figura 24. Construcción del contenedor de madera



Fuente: Contenedores. [http://www.rlc.Organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura \(FAO por sus siglas en inglés\).org/es/agricultura/aup/pdf/2.pdf](http://www.rlc.Organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura (FAO por sus siglas en inglés).org/es/agricultura/aup/pdf/2.pdf)

Figura 25. Contenedor de madera terminado



Fuente: [http://www.rlc.Organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura \(FAO por sus siglas en inglés\).org/es/agricultura/aup/pdf/2.pdf](http://www.rlc.Organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura (FAO por sus siglas en inglés).org/es/agricultura/aup/pdf/2.pdf)

Se recuerda que para la construcción del contenedor se puede utilizar madera de segunda o de tercera. Lo importante es que se recubra con plástico, el cual puede conseguirse con los vecinos o con empresas que instalen alfombras para solicitar los tramos de bajo alfombra que son desecho para ellos. De la misma manera, se pueden utilizar botes de *tetra pack* cortados a la mitad con perforaciones al fondo del envase, véase la figura 26.

Figura 26. Reúso de residuos sólidos como contenedores



Fuente: <http://www.ciceana.org.mx/nuevo/Azotea%20Verde/pano8.php> CICEANA.

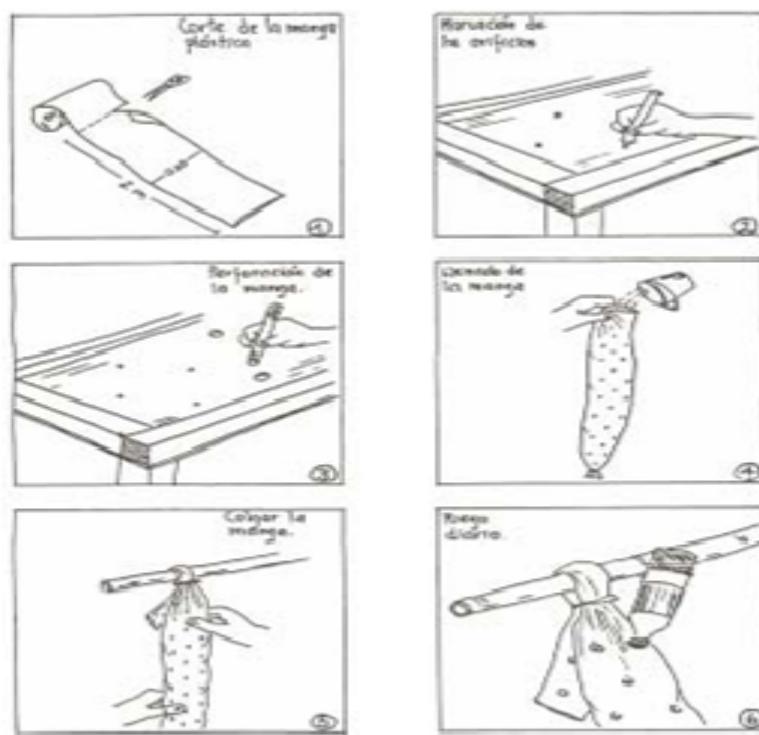
π Contenedor de bolsas largas (mangas verticales)

Las bolsas se compran por kilos o por metro, las medidas apropiadas tienen un ancho de 20 cm. Se recomienda comprar calibre 0.20 en color negro. El calibre 0.20 es importante, dado que deben soportar el peso del sustrato, el largo de cada bolsa recomendado es de 2 m. Estas bolsas deben tener orificios de 2.5 cm. de diámetro, distribuidos en forma de triángulo. La bolsa debe amarrarse 8 cm. antes de llegar al extremo para rellenarla. Y con ello se inicia el relleno con el sustrato previamente humedecido, y finalmente se cuelgan las bolsas.⁸⁹

El lugar donde se cuelgan las bolsas debe contar con las características mencionadas; para el buen desarrollo de las plantas, se debe cuidar que la estructura soporte las mismas, ver el proceso descrito en las figuras 27 y 28.

⁸⁹ Marulanda, Cesar. 2003. Huerta Hidropónica Popular. FAO.

Figura 27. Preparación de una bolsa vertical



Fuente: [http://www.rlc.Organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura \(FAO por sus siglas en inglés\).org/es/agricultura/aup/pdf/2.pdf](http://www.rlc.Organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura (FAO por sus siglas en inglés).org/es/agricultura/aup/pdf/2.pdf)

Figura 28. Bolsas verticales llenas de sustrato



Fuente: [http://www.rlc.Organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura \(FAO por sus siglas en inglés\).org/es/agricultura/aup/pdf/2.pdf](http://www.rlc.Organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura (FAO por sus siglas en inglés).org/es/agricultura/aup/pdf/2.pdf)

El largo de la bolsas puede variar acuerdo con: el sitio donde se van a colgar y con la estatura de quienes las rieguen y cuiden. A 8 cm. de uno de los extremos amarre la manga con un cáñamo, hilo o fibra de nylon, dando varias vueltas y apretando fuertemente el nudo; evite utilizar material metálico para realizar el amarre. Cuando haya terminado de llenar la bolsa con el sustrato húmedo, colóquela verticalmente dándole algunos golpecitos suaves sobre el piso limpio de asperezas, para bajar el sustrato. La manga se cierra por la parte superior de la misma forma en que se cierra en el otro extremo, y con una tijera se le hace un corte redondo de 3 cm. de diámetro, que es por donde se le suministrará el riego. También es posible, con un poco de trabajo, colocarle un pedazo de botella desechable como embudo. Perforar la tapa perforada con seis orificios, amarrando la boca de la botella cuando se hace el nudo de la manga en la parte superior.⁹⁰

Para este tipo de cultivo se pueden utilizar las bolsas plásticas de pan de caja. Si bien éstas bolsas no son muy largas, si se reúsan, en tal sentido se ahorra el gasto de las bolsas plásticas. De igual manera se pueden utilizar tubos de PVC que sean sobrantes de alguna construcción, lo único que deberemos agregar será un tapón al final del tubo, el cual deberá tener dos o tres orificios para el drenado. Para el colgado conviene realizar dos orificios en la parte superior, uno enfrente del otro y, pasar la rafia, amarrándolo en alto para que no se caiga.

Figura 29. Contenedor tubo de PVC



Fuente: [http://www.rlc.Organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura \(FAO por sus siglas en inglés\).org/es/agricultura/aup/pdf/2.pdf](http://www.rlc.Organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura (FAO por sus siglas en inglés).org/es/agricultura/aup/pdf/2.pdf)

⁹⁰ Marulanda, Cesar. 2003. Huerta Hidropónica Popular. FAO.

De igual manera se pueden utilizar botellas de *pet*, a las cuales solo se les hacen los orificios a los lados para cultivar nuestras plantas y al fondo de la botella para poder drenar el exceso de agua.

π Canales horizontales

Los canales o mangas horizontales se pueden ubicar sobre el terreno (en la base de las paredes) o colgadas sobre las paredes, a varias alturas. Se utiliza plástico negro de calibre 0,15 o 0,20 de 50 o 60 cm. de diámetro que se compra en forma de manga con esas dimensiones.⁹¹

Para hacer un canal colgado de 4 m. de largo, después de ubicar el sitio, se corta un trozo de manga del largo que permita el espacio disponible, no debiendo ser superior a los 4 m. Si se va a construir un canal apoyado en el suelo, la longitud puede ser hasta de 10 m. Se cortan dos pedazos de hilo, cáñamo o fibra de nylon resistente de 9 m. cada uno. Individualmente se doblan en dos partes y se hacen nudos a los largo del hilo cada 80 cm. Con la ayuda de una persona, se mete el primer pedazo de pita anudado dentro de la manga hasta que salga al otro lado, dejando a cada extremo un sobrante de 50 cm. Luego se tensa el hilo y se deja que el doblez de uno de los lados de la manga se apoye sobre el hilo. Después se corchetea a un centímetro del doblez cada 40 cm. o se asegura el plástico sobre la pita con una o dos puntadas hechas también con nylon cada 40 cm. Se gira la manga y se mete el otro pedazo de hilo anudado con lo que queda una especie de hamaca de 50 o 60 cm. de ancho y cuatro de largo.⁹²

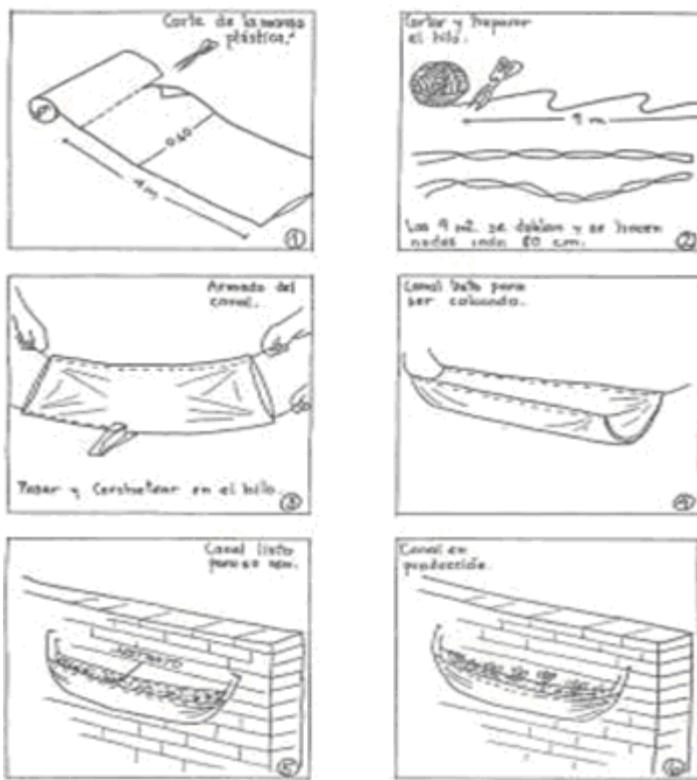
A continuación, con el apoyo de cuatro clavos grandes (de 5 pulgadas) clavados sobre la pared 2 a 4 m. uno del otro y dos a 10 cm. de altura de los dos primeros, se fija la manga sobre la pared tensando muy bien el hilo de nylon para evitar que la manga, cuando se llene con el sustrato, se arquee demasiado. La misma, en la medida de lo posible, debería quedar horizontal para que el agua y los nutrientes circulen lentamente

⁹¹ *ibid.*

⁹² Cesar Marulanda. Huerta Hidropónica Popular. FAO. 2003

a lo largo de ella. Dependiendo de la altura de la pared, se pueden colocar hasta cuatro canales horizontales superpuestos. Cada canal debe tener una pendiente de 0.5%.⁹³

Figura 30. Preparación de una manga horizontal



Fuente: Contenedores. [http://www.rlc.Organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura \(FAO por sus siglas en inglés\).org/es/agricultura/aup/pdf/2.pdf](http://www.rlc.Organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura (FAO por sus siglas en inglés).org/es/agricultura/aup/pdf/2.pdf)

De acuerdo con este método de cultivo es posible utilizar las llantas cortadas por la mitad y cubrirse con un plástico. Es necesario hacer un orificio en un extremo por el cual deberá atravesar el plástico. Debe asegurarse de que el agua no entre en contacto con la llanta. También se puede cortar un lado para ser volteada. La llanta se cubre de un plástico grueso. Al centro de la maceta se hace un orificio pequeño que funciona como dren. Se debe tener cuidado de que éste no quede cerca del material de la llanta ya que se corre el riesgo de que se contamine el líquido. Ver la figura 31 que muestra las llantas como contenedores.

⁹³ *íbid.*

Figura 31. Contenedor de llantas reusadas



Fuente: <http://www.ciceana.org.mx/>

Además, es posible utilizar huacales de madera o plásticos para cultivar, los cuales deben ser forrados o impermeabilizados con plástico. Estos tienen que tener un sólo orificio pequeño que sea el dren. La figura 32 muestra la descripción.

Figura 32. Contenedor de huacal, cubetas y llantas



Fuente: [http://www.rlc.Organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura \(FAO por sus siglas en inglés\).org/es/agricultura/aup/pdf/2.pdf](http://www.rlc.Organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura (FAO por sus siglas en inglés).org/es/agricultura/aup/pdf/2.pdf)

Para los tambos el corte debe ser a lo largo, dejando un orificio en uno de los extremos para dren, se recuerda que debe estar cubierto por plástico. También se pueden utilizar

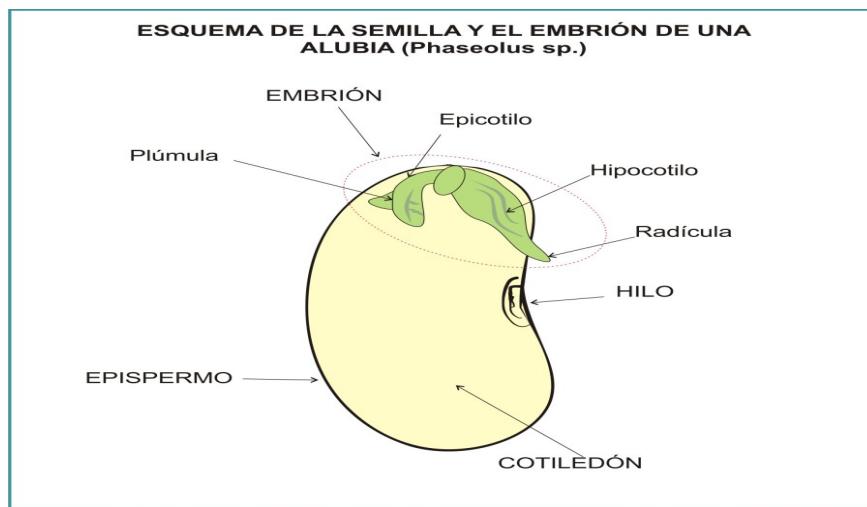
las bolsas plásticas de pan, siguiendo las instrucciones anteriores o bien las botellas de *pet* de las cuales cortaremos uno de los lados utilizándolas a lo largo.

4.2. Selección germinación y trasplante

La semilla se obtiene de los frutos de las plantas. Independiente del sistema hidropónico que se haya seleccionado para el desarrollo del cultivo. La semilla requiere de un manejo adecuado para su desarrollo figuran las siguientes recomendaciones:

- π Seleccionar la semilla para cultivar evitando las quebradas o maltratadas.
- π Enjuagar con agua natural, para quitar pesticidas e insecticidas.
- π En el caso de sospecha de contaminación por plaga, la semilla se desinfecta con una mezcla de 2 a 3 gr. de hidróxido de calcio (cal muerta) disueltos en un litro de agua simple o agua jabonosa, después de este primer enjuague se enjuagan.⁹⁴ Ver los componentes de la semilla en la figura 33

Figura 33. Semilla



Fuente: http://jardinactual.com/menu-revista-articulos/231-Partes_de_una_planta:_la_semilla

Por ejemplo jitomate, zanahoria, cebolla, cilantro, girasol, lechuga, limón, rábano.⁹⁵

⁹⁴ Samperio. 2005. Hidroponía Comercial

⁹⁵ Samperio. 2008. Hidroponía Fácil

La selección de la semilla depende directamente del tipo de hortalizas elegidas. Para el tipo de huerta familiar que se planea, basta con tener un distribuidor de semillas de la localidad y adquirir unos 100 gr. de semilla estándar. Éstas son de resistentes, pero conviene tener cuidados pertinentes para asegurar la buena salud de la planta.⁹⁶ En el mercado existen diferentes tipos de semillas, se recomiendan las siguientes:

Semillas de polinización abierta (Semillas OP, por sus siglas en inglés)

Cuando se dice que las semillas son de polinización abierta (OP), se refiere a las semillas criollas adaptadas a nuestro entorno por un proceso de selección natural; así que la polinización se realiza por insectos o el viento y en ningún caso hubo intervención de los humanos para que algún tipo de planta fuera fecundada o manipulada genéticamente, por tanto tiene la característica de producir descendencia fértil, es decir, de ellas podemos obtener semillas para nuestra próxima siembra.⁹⁷

Semillas mejoradas

Las semillas son seleccionadas mediante métodos como la polinización controlada, presenta propiedades especiales, tales como: precocidad, alta producción, resistencia a plagas y enfermedades, así como la adaptación de algunas, resistentes a condiciones de diversas regiones.⁹⁸

Semillas Baby

Las semillas se mejoran para que el vegetal no se desarrolle completamente. Al tipo de desarrollo se le conoce como “tierno” y, las características del producto final se tornan más delicadas, dulces, de textura firme y de coloración brillante. En cuanto al valor

⁹⁶ Ibid.

⁹⁷ *Hydroenvironment.* (S/f). Información cultivos hidropónicos.

⁹⁸ Ibid.

bromatológico, las hortalizas *baby* o mini vegetales son similares a los que aportan los vegetales completos.⁹⁹

Híbridos

Los híbridos son semillas obtenidas del cruce de dos variedades puras diferentes. Son plantas uniformes, de crecimiento más rápido, con raíces fuertes, tallos robustos y frutos de alta calidad, que tienen una adaptación a diferentes climas y son altamente productivos. Existen híbridos que son capaces de fructificar bien, aún en condiciones climáticas adversas y extremosas. Otros que se pueden sembrar antes o después de la época normal, para aprovechar los mejores precios en el mercado.¹⁰⁰ Las ventajas puntuales de los híbridos son:

- π Aumento del tamaño de las partes vegetativas (tallos, hojas, frutos).
- π Aumenta el número de frutos y semillas.
- π Incrementa la habilidad de cuaje de los frutos.
- π Eleva los rendimientos.
- π Mantiene la uniformidad de los frutos.
- π Gran resistencia a plagas y enfermedades.¹⁰¹

Un híbrido garantiza buenos resultados, actualmente en las presentaciones comerciales de los híbridos, diferentes especificaciones, como lo son; resistencia a virus, mayor productividad, resistencia a altas temperaturas etc.¹⁰²

Los híbridos tienen un crecimiento determinado, su tallo principal detiene la formación de nudos y por lo tanto su crecimiento en altura, esto sucede poco después de iniciada

⁹⁹ Ibid.

¹⁰⁰ Ibid.

¹⁰¹ *Hydroenvironment.* (S/f). Información cultivos hidropónicos.

¹⁰² Ibid.

la floración; hasta ese momento las plantas han producido la mayor parte de su crecimiento vegetativo.¹⁰³

Así, se reconoce que los cultivos híbridos tiene un crecimiento indeterminado, luego de comenzar la floración continúan la producción de nudos sobre el tallo principal y en consecuencia su altura es considerablemente mayor.¹⁰⁴

Transgenia

Una hortaliza transgénica presenta resistencia a plagas, mayor vida de anaquel, resistencia en el manejo de pos cosecha, mejores rendimientos, resistencia a condiciones ambientales agresivas, como heladas, sequías y suelos salinos y reducen el uso de insecticidas; pero a cambio de todas esas bondades nos da la incertidumbre de no saber lo que estamos comiendo, ya que en México los alimentos procedentes de cultivos transgénicos no son etiquetados con la leyenda CVT (cultivar transgénico) como lo hacen en otros países. Sin saberlo contribuimos a las repercusiones ambientales y de salud que nos traen estos alimentos.¹⁰⁵

Aunque el cultivo de transgénicos está prohibido en nuestro país, desde 1996 se distribuye libremente en el mercado, vegetales genéticamente modificados provenientes de importaciones. Hace más de 10 años consumimos alimentos que repercuten en nuestra salud, por tal motivo es de tan vital importancia comenzar a cultivar nuestros propios vegetales.¹⁰⁶

Lo que hace la ingeniería genética es controlar la expresión de genes vegetales, modifica la genética de un cultivo incorporando los genes de otro ser vivo. Aunque la transgenia se presenta siempre como una solución al hambre, niega el derecho a la seguridad de los alimentos por quienes la practican, que son las transnacionales que

¹⁰³ Ibid.

¹⁰⁴ Ibid.

¹⁰⁵ Ibid.

¹⁰⁶ Ibid.

controlan los procesos de cambios genéticos y por lo tanto niegan el derecho a saber lo que se está consumiendo y el derecho a escoger entre consumirlo y no hacerlo.¹⁰⁷

Figura 34. **Plantas de semillas transgénicas**



Fuente: http://www.hydroenvironment.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=86

La figura 34 muestra la forma en que al maíz se le insertan genes de una bacteria (*B. thuringensis*). Entonces la larva de insecto al consumir las hojas de maíz muere por los problemas que esta bacteria causa dentro de su organismo.¹⁰⁸

Figura 35. **Semillas seleccionadas**



Fuente: Propia

¹⁰⁷ Ibid.

¹⁰⁸ Hydroenvironment. (S/f). Información cultivos hidropónicos.

Siembra

La siembra se efectúa en el sustrato húmedo, en un agujero de 2 a 3 cm. de profundidad, que se cubrirá. El cuadro 11 da cuenta de la siembra de varias especies, en tal sentido se plantean la distancia y profundidad. La figuras 36 y 37 muestran dos tipos de semillas, las de tomate y chícharo.

Cuadro 11. **Siembra de semillas**

Especie	Semillas/gr.	Distancia en cm.		Profundidad cm.
		Entre surcos	Entre semillas	
Acelga	53	8	1	1.5
Apio	2500	5	0,5	Casi superficial
Berenjena	350	8	1	1
Remolacha o betarraga	50	8	1	1
Brócoli	280	10	1	1
Cebolla	250	5	0.5	1
Cebollín	250	5	0.5	1
Cebolleta	300	5	0.5	0.5
Col china	280	8	2	1
Coliflor	280	10	1	1
Espinaca	100	5	2	1
Lechuga	1,086	5	1	0.5
Lulo o naranjilla	500	10	1	0.5
Nabo blanco	320	8	2	1
Perejil	780	5	0.5	0.5
Pimentón	160	8	1	1
Puerro	250	5	0.5	1
Repollo	290	10	1	1
Tomate	320	8	1	1
Tomillo	?	5	1	0.5

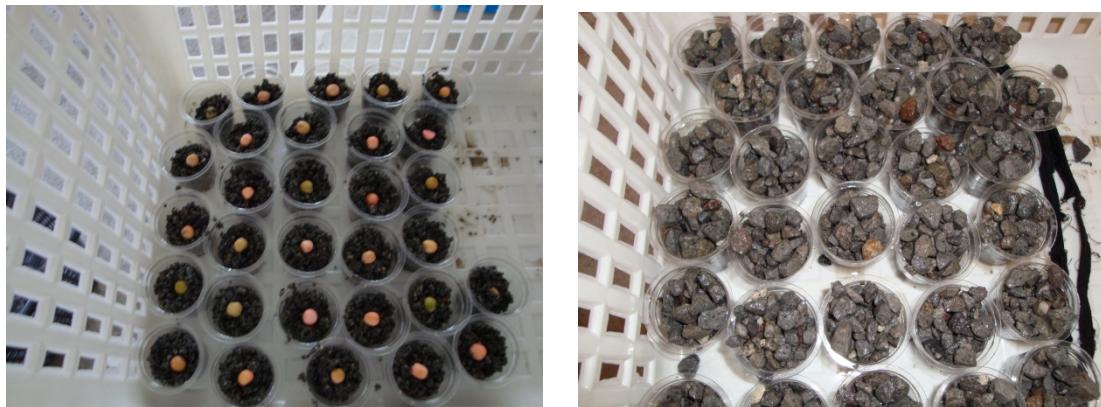
Fuente: Marulanda, 2003. Huerta Hidropónica Popular

Figura 36. Siembra de jitomate



Fuente: Toma propia.

Figura 37. Siembra de chícharo



Fuente: Toma propia

La germinación y trasplante

La germinación

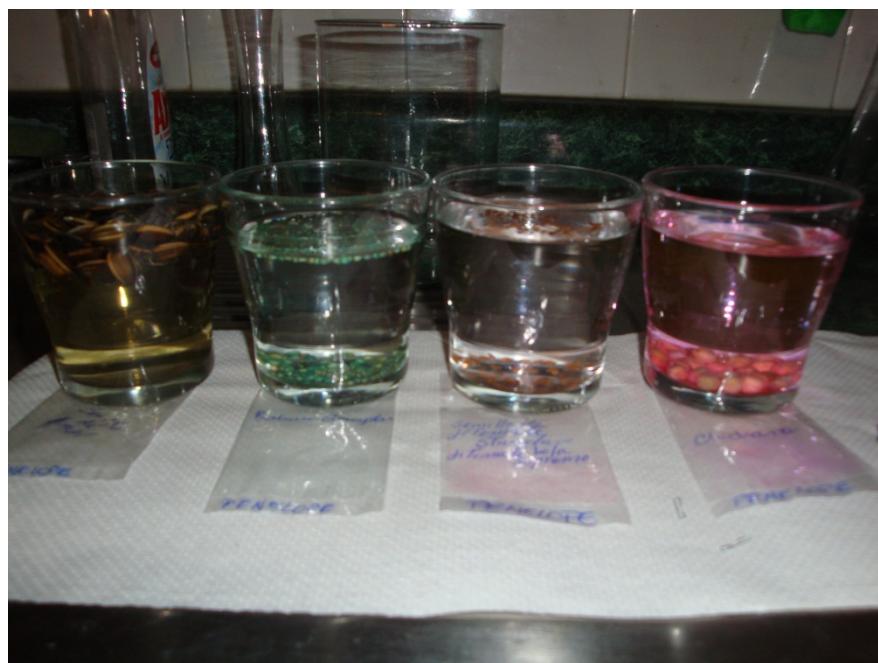
Previo al germinado de la semilla se deben seguir los siguientes puntos:

- π Desinfección de las semillas: Las semillas se desinfectan antes de sembrarlas para que no sean atacadas por los insectos del suelo antes de germinar o para que no desarrollen enfermedades. Una vez que la plántula haya germinado. La desinfección de las semillas se lleva a cabo mediante productos insecticidas

naturales. Si se compran las semillas en un vivero o centro de jardinería de confianza las semillas ya se venden desinfectadas.¹⁰⁹

- π Remojado de las semillas: El objetivo de remojar las semillas es conseguir una mayor hidratación antes de la germinación. Con el remojo se consigue que se ablande la capa externa de la semilla y, al mismo tiempo, se disuelvan y se eliminen una serie de substancias que inhibían el proceso de germinación. De no remojarse, algunas semillas no tendrán capacidad para romper la cutícula externa y no germinarán; otras las semillas se hidratarán poco a poco sobre el mismo subsuelo.¹¹⁰

Figura 38. Remojo de semillas para desinfección



Fuente: Propia

La germinación es el proceso mediante el cual una semilla se desarrolla hasta convertirse en una nueva planta. Para lo cual requiere de luz, agua, oxígeno y sales minerales.¹¹¹

¹⁰⁹ Botanical. (1999). Preparación de las semillas.

¹¹⁰ Ibid.

¹¹¹ Wikipedia. (Agosto 2011) Germinado.

En cada semilla hay una planta embrionaria y reserva de nutrientes. La semilla absorbe el agua circundante y luego ocurre la germinación, al emerger la raíz. Empieza a desarrollarse el tallo, aparecen los cotiledones y se forma un árbol en miniatura llamado plántula.¹¹²

En el proceso de germinación podemos distinguir tres fases:

Fase de hidratación: La absorción de agua es el primer paso de la germinación, sin la cual el proceso no puede darse. Durante esta fase se produce una intensa absorción de agua por parte de los distintos tejidos que forman la semilla. Dicho incremento va acompañado de un aumento proporcional en la actividad respiratoria.

Figura 39. Hidratación de las semillas



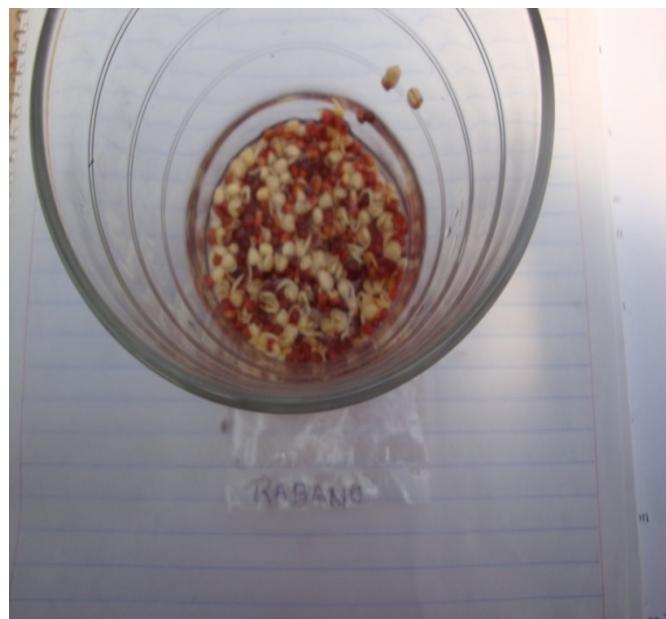
Fuente: Propia

La hidratación de las semillas debe ser por 12 hrs. como máximo. En caso de que la semilla tenga cáscara gruesa como la de girasol se puede dejar hasta 18 hrs.

¹¹² Principia centro de ciencias. (S/f). Germinación de semillas

Fase de germinación: Representa el verdadero proceso de la germinación. En ella se producen las transformaciones metabólicas, necesarias para el correcto desarrollo de la plántula. En esta fase la absorción de agua se reduce considerablemente, llegando incluso a detenerse.¹¹³ En promedio las semillas deben germinar y echar raíces después de 4 o 5 días. En 7 u 8 días debe brotar la plantita.¹¹⁴

Figura 40. Rábano iniciando germinado después de la hidratación



Fuente: Propia

Fase de crecimiento: Es la última fase de la germinación que se asocia con la emergencia de la radícula (cambio morfológico visible). Ésta se origina porque absorbe agua aumentar y porque tiene una actividad respiratoria.¹¹⁵

La figura 41 muestra la fase de crecimiento de jitomate.

¹¹³ Universidad politécnica de valencia. (2003). Germinación de semillas.

¹¹⁴ Samperio. 2009. Hidroponía Básica.

¹¹⁵ Universidad politécnica de valencia. (2003). Germinación de semillas.

Figura 41. Jitomate en crecimiento



Fuente: Propia

La duración de cada una de éstas depende de las propiedades de las semillas, tales como su contenido en compuestos hidratables y, la permeabilidad de las cubiertas al agua y al oxígeno. Estas fases también están afectadas por las condiciones del medio, como el nivel de humedad, las características y composición del sustrato, la temperatura, entre otras. Un aspecto interesante es la relación de estas fases con el metabolismo de la semilla; la primera fase se produce tanto en semillas vivas como muertas y, por tanto, es independiente de la actividad metabólica de la semilla. Sin embargo, en las semillas viables, su metabolismo se activa por la hidratación. La segunda fase constituye un período de metabolismo activo previo a la germinación en las semillas viables o de inicio en las semillas muertas. La tercera se produce sólo cuando las semillas germinan y obviamente se asocia con una fuerte actividad metabólica que comprende el inicio del crecimiento de la plántula y la movilización de las reservas. Por tanto los factores externos que activan el metabolismo, como la temperatura, tienen un efecto estimulante en la última fase.¹¹⁶

Los factores que afectan a la germinación los podemos dividir en dos tipos:¹¹⁷

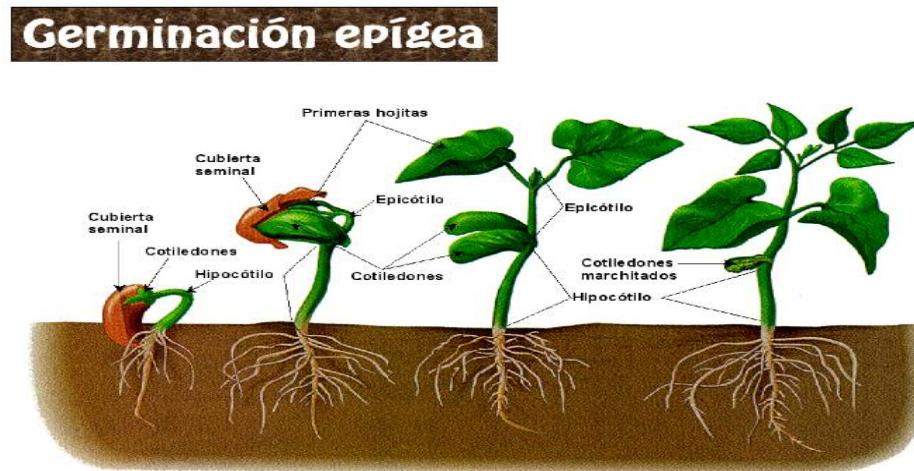
¹¹⁶ Universidad Politécnica de Valencia. (2003). Germinación de semillas

¹¹⁷ibid.

- π Factores internos (intrínsecos): propios de la semilla; madurez y viabilidad de las semillas.
- π Factores externos (extrínsecos): dependen del ambiente; agua, temperatura y gases.

Existen 2 tipos de germinación: La epigea y la hipogea. La germinación epigea en plántulas denominadas epigeas, los cotiledones emergen del suelo debido a su considerable crecimiento del hipocotíleo (porción comprendida entre la radícula y el punto de inserción de los cotiledones). Posteriormente, los cotiledones se diferencian por el cloroplasto, que los transforma en órganos fotosintéticos que actúan como si fueran hojas. Finalmente, comienza el desarrollo del epicotíleo (porción del eje comprendida entre el punto de inserción de los cotiledones y las primeras hojas). Presentan este tipo de germinación las semillas de cebolla, ricino, judía, lechuga, mostaza blanca, etc. ¹¹⁸

Figura 42. Germinación epigea

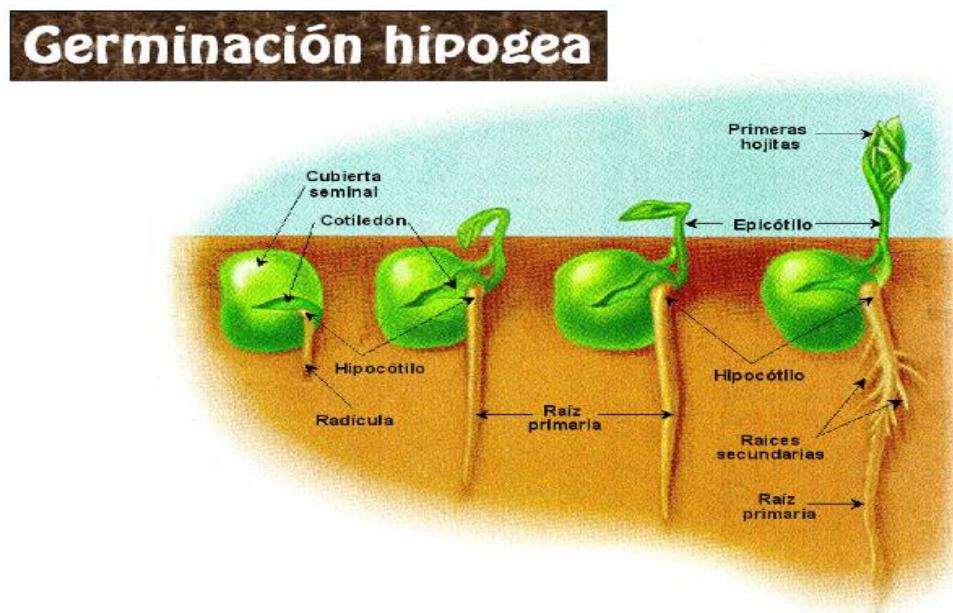


Fuente: http://www.euita.upv.es/varios/biologia/Temas/tema_17.htm

¹¹⁸Ibid

La germinación hipogea en las plántulas hipogeas, los cotiledones permanecen enterrados; únicamente la plúmula atraviesa el suelo. El hipocotíleo es muy corto, prácticamente nulo. A continuación, el epicotíleo se alarga para aparecer las primeras hojas verdaderas, que son, en este caso, los primeros órganos foto sintetizadores de la plántula. Este tipo de germinación lo presentan las semillas de los cereales (trigo, maíz, cebada, guisante, haba, robles, entre otros. Ver en la figura 43 la germinación hipogea.

Figura 43. Germinación hipogea



Fuente: http://www.euita.upv.es/varios/biologia/Temas/tema_17.htm

El trasplante

El trasplante consiste en traspasar los retoños de donde han estado creciendo las últimas 2 o 3 semanas alrededor del día 10 o 15 cuando la plantita tiene las primeras hojas y una altura promedio que oscila de 10 o 15 cm. o bien cuando tiene cuatro hojas o más. En esta etapa el retoño recibe el nombre de plántula.

Previo al trasplante se ha seleccionado el sistema que más se adecue a la economía y condiciones actuales. Cada planta requiere un espacio de 0.2 a 0.3 m² para recibir la cantidad de luz adecuada para su desarrollo. Esto indica que la distancia entre plántula y plántula debe de ser de 20 a 30 cm. Si este espacio se reduce habrá una competencia por la luz disponible, causando con ello, una disminución en el crecimiento y producción¹¹⁹.

A partir del brote de las 2 primeras hojas verdaderas, se deberán regar con solución nutritiva. Es importante mantener la temperatura de 25 °C a 30 °C en el día y no menor a 15 °C por la noche para evitar enfermedades dentro del invernadero.¹²⁰

Cualquiera que sea el sustrato seleccionado se debe aplicar agua sin nutriente hasta inundarlo para garantizar la humedad a la raíz de la plántula para evitar el estrés hídrico de las plantas que se van a transplantar. Es conveniente que el trasplante se realice por la tarde ya que la temperatura es menor.¹²¹ Ver la figura 44 que muestra la forma en que se moja el sustrato.

Figura 44. Mojado del sustrato



Fuente: <http://www.hydroenvironment.com.mx/catalogo>

¹¹⁹ Hydro. (Febrero 2008). La Hidroponía fácil

¹²⁰ Ibid.

¹²¹ S/A. (S/f). Siembra y trasplante.

Entonces, se aplica un riego ligero al almácigo para facilitar la extracción del cepellón de las charolas.¹²² Ver en la figura 45, la forma de riego.

Figura 45. Riego del almácigo



Fuente: http://www.coneyt.org.mx/educhamba/guias_emprendizaje/

Las figuras 46 y 47 muestran: La bolsa con sustrato y la forma en que se realiza el hoyo con un envase o con la mano. El hoyo es de 15 cm. de profundidad aproximadamente.¹²³

Figura 46. Hoyo para plántula en contenedor



Fuente: http://www.coneyt.org.mx/educhamba/guias_emprendizaje/

¹²² S/A. (S/f). Siembra y trasplante.f

¹²³ Íbid.

Figura 47. Sustrato con hoyo para plántula



Fuente: Propia

En la figura 47 se muestra el proceso de plantación en la bolsa de sustrato. Por otro lado, en la figura 48 se aprecia la extracción de la plántula del sembrador para ser plantado en la bolsa con sustrato.

Figura 48.Extracción de plántula del almacigo



Fuente: http://www.coneyt.org.mx/educhamba/guias_emprendizaje/

Figura 49. Extracción de plántula del germinador



Fuente: Propia

En la figura 49 se muestra la extracción de la plántula para ser colocada a su destino de crecimiento. Se coloca la planta en el hoyo hasta el nivel de las hojas cotiledonares, posteriormente se aprieta ligeramente el sustrato alrededor de la planta para fijar bien su sistema radical, luego se aplica agua sin nutrientes a las plantas recién trasplantadas y finalmente se realiza el primer riego con solución nutritiva el día en que se trasplanta, como se puede ver en la figura 50.¹²⁴

Figura 50. Trasplante completo de la plántula



Fuente: http://www.coneyt.org.mx/educhamba/guias_emprendizaje/

¹²⁴ Íbid.

Cuidado de las plantas

En el sistema de cultivo hidropónico la incidencia de plagas es mucho menor, aunque todos los cultivos son susceptibles a diversas enfermedades, éstas son provocadas por la interacción entre agentes patógenos y el medio ambiente.¹²⁵

Algunos factores que propician el desarrollo de plagas son:

- π La planta puede sufrir trastornos provocados por desequilibrios en el ambiente que la rodea, como la falta o exceso de humedad, de luminosidad, aireación y de laboreo.
- π Sustratos usados por largos periodos sin haber recibido algún tipo de desinfección.
- π La densidad de siembra en alta población de plantas generan dificultades para la regulación del clima, en tal sentido, se facilita la transportación de los patógenos.¹²⁶

Existen dos clasificaciones principales de enfermedades que afectan a las plantas las enfermedades abioticas y las bióticas:

Enfermedades abioticas. Las enfermedades abioticas son todas aquellas causadas por agentes no infecciosos es decir no biológicos, como son las condiciones climáticas, agentes físicos y mecánicos; tales como temperatura, humedad, luminosidad y aireación.¹²⁷

La humedad es uno de los factores importantes para el desarrollo de las plantas, pero el exceso o déficit de esta puede traer graves trastornos al cultivo como síntomas sobre el déficit de humedad y pérdida de turgencia. Éste último determina el estado de rigidez de una célula, es el fenómeno por el cual las células al absorber agua, se hinchan, ejerciendo presión contra las membranas celulares, las cuales se ponen tensas, es por

¹²⁵ Samperio. 2004. Un paso más en la Hidroponía.

¹²⁶ Ibid.

¹²⁷ Rodríguez, Cristina. 2009. Sanidad Vegetal.

eso que los órganos, como por ejemplo el pecíolo, el tallo, las hojas y frutos maduros se encuentren en ese estado de firmeza.¹²⁸

La planta crea micro atmósfera alrededor de sus hojas, esto lo logra gracias a la transpiración, generando con ello una especie de colchón térmico. Así que cuando a una planta le hace falta agua lo primero que se ve afectado es el colchón térmico.¹²⁹

Por otro lado, la marchitez o flacidez del tejido es el efecto marcado y visible en la planta, se desarrolla cuando la planta pierde su consistencia eréctil, la planta ha perdido agua a través de estomas y por ello el tejido se torna flácido, se ven desmayadas las hojas. En una situación extrema en la planta, la necrosis o muerte de tejido en las puntas de las hojas es la muerte patológica de un conjunto de células o de cualquier tejido de un organismo, provocada por un agente nocivo que causa una lesión tan grave que no se puede reparar o curar.¹³⁰

Otra manifestación de falta de hidratación es que las puntas de las hojas son el lugar más alejado de los conductos que llevan la humedad a las hojas, es ahí donde le cuesta a la planta más trabajo llevar el agua y por lo tanto es el sitio que muere o se necrosa primero.¹³¹

La muerte de la planta se produce porque las condiciones de humedad requeridas por la planta no son satisfechas o corregidas y por ello, pueden causar la muerte de la misma.

De manera contraria, los síntomas sobre el exceso de humedad en el sustrato ocasiona estrés de tipo secundario, hipoxia, perjudicial para las plantas terrestres. El agua en exceso no es tóxica, por eso no constituye un estrés primario, pero puede provocar un descenso del oxígeno en los espacios aéreos. Cuando el suelo está

¹²⁸ Wikipedia. (Agosto 2011). Turgencia.

¹²⁹ Rodríguez, Cristina. 2009. Sanidad Vegetal.

¹³⁰ Wikipedia. (Agosto 2011). Necrosis

¹³¹ Rodríguez, Cristina. 2009. Sanidad Vegetal.

saturado de agua, el aire de los poros del suelo es desplazado por ésta y el oxígeno disuelto es rápidamente absorbido por microorganismos y plantas. Así, cuando el agua pierde el oxígeno deja de ser consumible para la planta, en general esto sucede cuando el agua se encharca y se pudre, en ésta se desarrollan bacterias y hongos anaerobios que atacan las raíces de la planta este inicia en las hojas más bajas de la planta.¹³²

Con respecto a la luminosidad, proveniente del sol, es posible que la planta efectúe un proceso de fotosíntesis. La luminosidad incide en la planta de dos maneras: la intensidad lumínica y el fotoperiodo de exposición. Todas las plantas tienen necesidades lumínicas diferentes. Es importante saber las necesidades de las plantas para evitar la sobre exposición o el déficit de la misma.¹³³

Los síntomas sobre déficit de luz se manifiestan en el cambio de color, en el cual, su tonalidad se vuelve más clara. Pero para determinar este cambio es primordial conocer el color característico de cada planta; pueden ser de verde intenso, rayas o manchas de color en el follaje. Así, el efecto fototrópico se concibe como el estímulo que ejerce la luz sobre la planta, para regular su crecimiento.¹³⁴ Esto se soluciona proporcionando las condiciones adecuadas de iluminación a la planta. Se puede observar cuando la planta dirige sus hojas a la fuente lumínica generando en ocasiones una curvatura ya sea en sus hojas o en su totalidad.¹³⁵

Otra manifestación patológica de la planta es la debilidad y alargamiento en hojas y tallos. Esta manifestación es una manera en que la planta se acerca a la fuente de luz, de igual manera las hojas aumentan de tamaño para tener mayor captación de luz, esto es sinónimo de malnutrición en la planta, por tanto los tallos y hojas son endebles, frágiles y quebradizos.¹³⁶

¹³² Íbid.

¹³³ Íbid.

¹³⁴ Marta. (2008). Sensibilidad de las plantas

¹³⁵ Rodríguez, Cristina. 2009. Sanidad Vegetal.

¹³⁶ Íbid.

Los síntomas sobre el exceso de luz como por ejemplo, el cambio de calor, se muestra cuando el exceso de luz provoca en la planta una sobreproducción de clorofila (pigmento verde) y por ello presenta un color verde más intenso. Por otro lado, la producción excesiva de clorofila genera déficit en su desarrollo.¹³⁷ Este desequilibrio se denomina foto inhibición, la cual se define como la inhibición de la fotosíntesis causada por el exceso de radiación, en tal sentido, se genera el “achaparramiento” en las plantas. La foto inhibición puede ser reversible. Mediante el aseguramiento de la cantidad adecuada de luz a las plantas.¹³⁸

Las quemaduras y defoliación se presentan una vez que la luz empieza a dañar las estructuras de la planta ya sean, hojas, flores o frutos. Como mecanismo de defensa, la planta se defolia (tira sus hojas) si la luz disminuye en 7 u 8 días la planta generara brotes nuevos.¹³⁹

Con respecto a la temperatura, las plantas no son capaces de mantener su temperatura constante por lo que los cambios de ésta influyen sobre su crecimiento y desarrollo, son poiquilotermas; que es incapacidad de regulación de la temperatura del cuerpo independientemente de la ambiental,¹⁴⁰ pero esto no significa que su temperatura sea igual que la del ambiente, aunque puede haber diferencias en la temperatura de la planta.¹⁴¹

Los síntomas de déficit de calor es que se retarda la germinación, el crecimiento y afloramiento; las flores se secan o la planta las tira, no hay producción¹⁴². Por el contrario, las altas temperaturas afectan las plantas directamente; ya que aumenta la tasa de evaporación de agua. Las hojas están provistas de pequeños poros, parecidos

¹³⁷ Ibid.

¹³⁸ Casierra Fanor. (2007). Fotoinhibición: respuesta fisiológica de los vegetales

¹³⁹ Rodríguez, Cristina. 2009. Sanidad Vegetal.

¹⁴⁰ Word reference (2011). Poiquilotermia

¹⁴¹ Marta Moneo. (26-01-04).Las plantas y su medio ambiente

¹⁴² Rodríguez, Cristina. 2009. Sanidad Vegetal.

a los de nuestra piel, llamados estomas, que es el mecanismo más importante de regulación de agua dentro de la planta.¹⁴³

La temperatura alta es uno de los principales factores que limitan la productividad de los cultivos, especialmente cuando esta condición coincide con etapas críticas de su desarrollo. La primera respuesta de las plantas al impacto del estrés por temperatura alta se traduce con una reducción en la duración de todas las etapas de desarrollo, además de causar reducciones en el tamaño de sus órganos y por lo tanto en su rendimiento.¹⁴⁴

Respecto a la aireación, basta con tener una buena ventilación a las plantas, con una protección de malla o mosquitero para evitar la entrada de insectos.¹⁴⁵

Las enfermedades bióticas son aquellas causadas por organismos capaces de infectar o infestar; es decir infectan cuando el patógeno se encuentra dentro del sistema de la planta, por ejemplo una bacteria o un virus. La infestación se presenta en la parte superficial de la planta, por ejemplo los pulgones de los rosales.¹⁴⁶ Dentro de las enfermedades bióticas que pueden afectar un cultivo se encuentran las hierbas “malas” las cuales se dejan fuera ya que en el cultivo hidropónico no se tiene que batallar con ellas, siendo esta otra de las ventajas del cultivo hidropónico.¹⁴⁷

Para combatir una enfermedad biótica existen diferentes medios, mecanismos o métodos de control. El control físico está referido a las maneras físicas (trampas, barreras, etc.), que ayudan en el combate y control de plagas. Dentro de este rubro también se pueden considerar las prácticas culturales de manejo, es decir todo aquello que se hace de manera mecánica-preventiva para evitar el alojamiento de una plaga. Por lo que concierne al control biológico, éste se basa en la búsqueda de un organismo

¹⁴³ Moneo, Marta. (26-01-04). Las plantas y su medio ambiente.

¹⁴⁴ Universidad autónoma de Tamaulipas. (Enero 2009). Impacto del estrés hídrico y la temperatura alta sobre plantas.

¹⁴⁵ Rodríguez, Cristina. 2009. Sanidad Vegetal.

¹⁴⁶ Rodríguez, Cristina. 2009. Sanidad Vegetal.

¹⁴⁷ Íbid.

antagónico o depredador natural que elimine a la plaga y que no rompa con el equilibrio natural de la producción. Por otro lado, el control químico es referido a las sustancias hechas a partir de síntesis que son la base de los pesticidas. La mayoría de estas sustancias son de control superficial, es decir actúan mediante el contacto directo, sin embargo otras llegan a penetrar hasta ciertas capas del tejido y se le conoce como tras laminares y por último están las sistémicas es decir las que se integran totalmente en la planta, en última instancia son las más eficaces.¹⁴⁸

Los animales como ratas, tuzas, zarigüeyas y topos, entre otros, atacan o causan daños a los cultivos, ya que aplastan las plántulas, atacan las raíces, se comen las semillas, dañan las flores y los frutos.¹⁴⁹ Frente a esta amenaza, el método de control para esta amenaza de animales es el físico. Éste se refiere a todo sistema natural o artificial que da como resultado la prevención, represión, contención, destrucción o exclusión de una plaga. Esta definición incluye tanto los conceptos de lucha como las medidas profilácticas que protegen las cosechas contra las plagas.¹⁵⁰ Existen varios métodos entre ellos encontramos desde las clásica trampa para rata, las trampas pegajosas, entre otras.¹⁵¹

En relación con el control biológico, se utilizan organismos vivos para poder controlar la plaga. Con base en un estudio de la clase de animal a erradicar, se selecciona algún otro que utilice en su cadena trófica al primero en cuestión o que actúe de manera perjudicial para este.¹⁵² El empleo de feromonas (sustancias aromáticas), las cuales son producidas por un animal que afecta la conducta de otro animal. Estas son utilizadas por los animales para marcar o delimitar su territorio en el medio natural, lo cual se puede utilizar como beneficio para el cultivo.¹⁵³

¹⁴⁸ Ibid.

¹⁴⁹ Rodríguez, Cristina. 2009. Sanidad Vegetal.

¹⁵⁰ S/a. (S/f).Métodos y estrategias en el control de plagas

¹⁵¹ Rodríguez, Cristina. 2009. Sanidad Vegetal.

¹⁵² S/a. (S/f). Métodos para ejercer el control de insectos

¹⁵³ Rodríguez, Cristina. 2009. Sanidad Vegetal.

Por lo que se refiere al control químico, se aplica una fórmula química para eliminar los insectos que pueden ocasionar una plaga. Estos productos pueden llegar a ser nocivos para cualquier elemento del ecosistema. Por eso, su utilización debe ser medida y prudencial. Los cultivos y el ambiente pueden llegar a ser seriamente perjudicados, inclusive los seres humanos cuando consumen algún tipo de alimento contaminado por plaguicidas químicos.¹⁵⁴

Otras amenazas para los cultivos los poríferos (espongiarios), los cnidarios (celentéreos), los moluscos, los anélidos, artrópodos y equinodermos.¹⁵⁵ Su control por medios físicos para evitar que éstos ingresen al cultivo es cubrir con plástico y mosquiteros.¹⁵⁶ Pero en caso de que aumenten las plagas, éstas pueden reducirse a través de la reducción o aumento de temperatura. Los artrópodos son sensibles a las temperaturas elevadas y en media hora pueden ser destruidos a 60-70° C, y a temperaturas inferiores a 10° C, la mayor parte de los insectos interrumpe toda actividad¹⁵⁷

El siguiente punto trata sobre el control biológico, que se ayuda de la importación o control biológico clásico, incremento y control aumentativo. Cada una de estas técnicas se pueden usar bien sea sola o en combinación en un programa de control biológico. En el control biológico clásico, los enemigos naturales son deliberadamente importados de una región a otra con el propósito de suprimir una plaga de origen exótico. En el control biológico aumentativo, la eficacia de aquellos enemigos naturales que se encuentran en el lugar es realizada por liberaciones de individuos criados en insectario. La técnica de incremento involucra la producción masiva y colonización periódica de enemigos naturales por lo que este tipo de control biológico se ha prestado para el desarrollo comercial¹⁵⁸

¹⁵⁴ S/a. (S/f). Métodos para ejercer el control de insectos

¹⁵⁵ S/a. (s/f). Invertebrados Cristina

¹⁵⁶ Rodríguez, 2009. Sanidad Vegetal.

¹⁵⁷ Poroin. (2003). Desinsectación

¹⁵⁸ Ehler, L. E. 1990.

Un ejemplo de este tipo de control de insectos se utiliza en las plantaciones de maíz que son atacadas por gusanos. En estos cultivos se deja que las avispas cacen gusanos que luego, utilizan para alimentarse¹⁵⁹

Acerca del control químico, como insecticidas químicos (Biocidas), constituyen el arma más importante en la lucha contra las plagas y vectores de enfermedades humanas. Muchos de ellos son sumamente eficaces cuando se utilizan en tratamientos ambientales o domésticos. Estos insecticidas se pueden clasificar en: Organoclorados son los primeros insecticidas sintéticos, pero debida a su elevada toxicidad y lenta degradación, hoy no son empleados en el control de plagas.¹⁶⁰ Los organofosforados: son los compuestos orgánicos que contienen fósforo, insecticidas de contacto, que pueden actuar por ingestión o inhalación. Su mecanismo de acción consiste en la inhibición de la enzima acetilcolinesterasa, que provoca la interrupción de los impulsos nerviosos y causa la muerte; los carbonatos tienen un mecanismo de acción similar al de los organofosforados y se diferencian de estos en que poseen una mayor selectividad contra diferentes especies; Los piretroides son insecticidas de moderada toxicidad. Su mecanismo de acción se lleva a cabo alterando el equilibrio sodio-potasio sobre las neuronas, con la consiguiente sobreexcitación, parálisis y muerte del insecto.

¹⁶¹

Reguladores del crecimiento actúan interfiriendo en la enzima quitina-sintetasa, que es la encargada de polimerizar la N. acetilglucosamina que constituye el armazón de la quitina, necesaria para proteger las larvas en sus distintas fases de crecimiento. Su inconveniente es que actúan sólo en los estados larvales y no contra adultos.¹⁶²

Los insecticidas únicamente pueden ser efectivos cuando consiguen ponerse en contacto con el insecto.¹⁶³

¹⁵⁹ <http://www.e-mas.co.cl/categorias/biologia/inv.htm>

¹⁶⁰ Ibid.

¹⁶¹ Poroin. (2003). Desinfección

¹⁶² Ibid.

¹⁶³ Ibid.

Los insecticidas caseros son híbridos entre el concepto de insecticida y el control biológico, éstos no ofrecen ningún riesgo para la salud humana, se basan en el principio de aplicar una dosis que el insecto no pueda tolerar.¹⁶⁴

Consejos que pueden ayudar a la sanidad de tu cultivo previniendo enfermedades:

- π El cultivo siempre debe estar aislado de la tierra.
- π A la entrada del invernadero acondicionar un vado, recipiente o tapete con una profundidad de 2 a 3 cm. con algún desinfectante o jabón para pisar y dejar ahí cualquier agente contaminante.
- π De preferencia usar una bata o ropa exclusiva para el trabajo en el invernadero que debe lavarse como mínimo dos veces por semana.
- π Evitar el paso de animales domésticos, sobre todo en tiempo de floración.
- π No fumar dentro del invernadero.
- π Mantener siempre la puerta cerrada.
- π No introducir plantas que no se hayan germinado para ese fin.
- π Evitar que los visitantes corten o manejen las plantas.
- π Mantener limpios los utensilios y herramientas.
- π En caso de poda o cosecha, para evitar una transpiración abundante o pérdida de agua aplicar una aspersión de ácido acetilsalicílico en la producción de 1gr. por 20l. de agua natural, los crea una capa de protección a la parte afectada de la planta y ayuda a una rápida cicatrización.
- π Los residuos de basura o poda nunca deben permanecer en el invernadero, deben ser retirados del área.
- π Contar con una bitácora o un simple cuaderno para anotar fechas y el comportamiento de las plantas.
- π Aplicar desinfecciones periódicas a las instalaciones.¹⁶⁵
- π Evitar el uso de plaguicidas y pesticidas agrícolas, sustituirlos por uso de bio insecticidas.¹⁶⁶

¹⁶⁴Rodríguez, Cristina. 2009. Sanidad Vegetal

¹⁶⁵Hidroponía Comercial- Samperio Gloria. 2005

La poda de las plantas

La poda de las plantas es el proceso mediante el cual se busca aumentar la producción y sobre todo la mejora de los frutos,¹⁶⁷ para tratar de suprimir flores, frutos y hojas, así como brotes secundarios, que puedan restar nutrientes a la planta. Además se consigue disminuir las condiciones que favorecen el ataque de enfermedades criptogámicas y de insectos mediante un buen aireado de la planta. Al eliminar hojas y equilibrar el desarrollo vegetativo se disminuye el foco de penetración y desarrollo de enfermedades y plagas al suprimir las hojas y frutos dañados. Existen diversos tipos de poda, cada una para un fin concreto: Poda de formación, que se realiza para darle forma a la planta, con el fin de que sea lo más productiva posible y; poda de brotes: se trata de eliminar los brotes secundarios que producen frutos no comerciales, ya que restan nutrientes y agua a la planta.¹⁶⁸ En la figura 51 se muestra la forma en que debe realizarse esta labor.

Figura 51. Poda de formación y de brotes



Fuente: http://www.hydroenvironment.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=69

¹⁶⁶ Cesar Marulanda (2003). Huerta Hidropónica Popular. FAO

¹⁶⁷ Del Cartillo Juan. (2004). Cultivo del pimiento.

¹⁶⁸ S/a. (s/f). Cultivo del calabacín de invernadero

En el tipo de poda de hojas se suprimir las hojas innecesarias. Se realiza en ambiente seco con cortes limpios por debajo de los frutos más bajos en la unión del pecíolo con el tallo. Se suprimirán hojas sólo en el caso de que estén muy envejecidas, dificulten a la planta la ventilación y la luminosidad.¹⁶⁹ Ver en la figura 52 la actividad realizada.

Figura 52. **Poda de hojas**



Fuente: http://www.hydroenvironment.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=69

Acerca de la poda de frutos, que consiste en suprimir aquellos frutos de los que no se podrá obtener un beneficio económico, como los que estén sufriendo alguna enfermedad o plaga, o bien los deformados o excesivamente desarrollados. La poda puede presentar algunos inconvenientes como aumentar la posibilidad del ataque de la *botrytis* (H patógeno de muchas especies vegetales)¹⁷⁰, en los cortes de la poda efectuada. Si se realiza una poda excesiva se puede disminuir la producción de frutos, disminuyendo así el beneficio.¹⁷¹ Esta labor que absorbe bastante mano de obra y puede encarecer el cultivo Sea cual sea el método de poda que se utilice, eliminaremos todos los brotes del tallo principal y el fruto de la cruz si queremos mantener la producción.¹⁷²

¹⁶⁹ Ibid.

¹⁷⁰ Wikipedia. (Agosto 2011). Botrytis Cenerea

¹⁷¹ S/a. (s/f). Cultivo del calabacín de invernadero

¹⁷² Del Cartillo Juan. (2004). Cultivo del pimiento

4.3. El alimento de la planta (Solución Nutritiva)

Las plantas son organismos vivientes autosuficientes pertenecientes al reino vegetal, pueden habitar en la tierra o en el agua. Existen más de 300,000 especies de plantas, de las cuales más de 250000 producen flores. Las plantas son capaces de producir su propio alimento a través de un proceso químico llamado fotosíntesis; ésta consiste básicamente en la elaboración de azúcar a partir del dióxido de carbono (CO_2); minerales y agua con la ayuda de la luz solar.¹⁷³

Los nutrientes que requiere la planta se dividen en dos: Los macronutrientes que se requieren en mayor cantidad para la nutrición y el desarrollo (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre y magnesio)¹⁷⁴ y los micronutrientes (manganese, boro, hierro, cobre, molibdeno, cloro y zinc)¹⁷⁵, que solo en pequeñas cantidades son necesarios.¹⁷⁶

Para elaborar una solución nutritiva para la planta se debe conocer la forma en que aprovecha cada mineral según Samperio (2009).

El nitrógeno ayuda a la planta a la producción de clorofila; permite la fotosíntesis y; ayuda a producir proteínas, hormonas, vitaminas y enzimas, pero su deficiencia provoca la interrupción del crecimiento de la planta; que las hojas se tornen amarillas, se marchiten e incluso mueran; tallos delgados; reducción de producción y; plantas mal desarrolladas.

El potasio da origen a la germinación; ayuda al metabolismo; forma los carbohidratos y; mejora la calidad de los frutos, por el contrario, su deficiencia provoca hojas con orillas amarillentas; producción muy reducida; manchas en las nervaduras; susceptibilidad a enfermedades; nula elaboración de almidones y proteínas.

¹⁷³ Botanical. (1999). Preparación de las semillas

¹⁷⁴ S/A. (2002). Hidroponía para empezar.

¹⁷⁵ Ibid.

¹⁷⁶ Samperio (2009). Hidroponía Básica.

El fósforo ayuda al crecimiento y la formación de semillas; ayuda a la división celular para formar flores y frutos, y su deficiencia provoca hojas inferiores amarillas; retraso en el crecimiento; raíces pequeñas; desarrollo incompleto.

Con respecto al calcio, fortalece las paredes celulares del fruto, a consumir nitrógeno las plantas controlan la acidez con el calcio, en cambio, su deficiencia provoca la muerte en casi todas las raíces y; la muerte en las hojas superiores.

El magnesio contribuye a la formación de clorofila, su deficiencia provoca el amarillamiento en las hojas; las hojas se arrugan y se presentan hojas pequeñas con peciolo corto.

El azufre está presente en toda la planta e interviene en la formación de enzimas y vitamina. Su deficiencia provoca el amarillamiento de las nervaduras, plantas de menor altura y; manchas de color purpura en las hojas.

El hierro ayuda al crecimiento normal de la planta y; a la formación y desarrollo del follaje. Su deficiencia provoca un follaje amarillento y; un lento desarrollo. En tanto el magnesio, ayuda a la semilla a formar carbohidratos y; a favorecer la germinación. Su deficiencia provoca una coloración amarillenta entre las nervaduras y; un desarrollo problemático de las hojas inferiores.

El boro ayuda a la germinación, a la producción de polen y; su presencia es esencial en la floración, pero su deficiencia provoca la división incorrecta de las células y; la muerte de las hojas basales. En tanto, el zinc permite la fijación del nitrógeno y ayuda a formar las enzimas y hormonas. Así su eficiencia provoca retraso en el crecimiento y debilidad del follaje.

El cobre ayuda a la respiración de la planta; y a la formación de hormonas y enzimas. Su deficiencia provoca poca asimilación de nutrientes. El dióxido de carbono ayuda a la

producción de células en la planta y; es vital para la producción de carbohidratos. Asimismo, su deficiencia provoca la deficiente realización de las funciones y la muerte. El hidrógeno y oxígeno, se obtiene mediante el agua y el aire y forma parte vital del proceso de fotosíntesis y el crecimiento, su deficiencia provoca la muerte de la planta.

Por otra parte, el sodio es el componente de las celdas de los tallos y permite el desarrollo de la tolerancia al estrés hídrico, pero su deficiencia provoca que las flores se marchiten y haya caída prematura de frutos. El cuadro 12 muestra las fuentes de obtención de nutrientes.

Cuadro 12. Fuentes de obtención de nutrientes

ELEMENTO	SAL	CARACTERISTICAS
Nitrógeno <i>(generalmente este elemento se provee en hidroponía a las plantas en forma de nitratos)</i>	Nitrato de potasio	Es una buena fuente de nitrógeno y potasio
	Nitrato de calcio	Es generalmente caro y solo se usa como reactivo para análisis. Una fuente excelente de nitrógeno y calcio.
	Nitrato de sodio	En el mercado se conoce también como "Nitrato chileno" y se considera una buena fuente de nitrógeno.
	Nitrato de amonio	Muy buena fuente de nitrógeno y amonio
	Sulfato de amonio	Provee a la solución nutritiva buenas cantidades de amonio, además de azufre; acidifica la solución.
	Urea	También se considera como una buena fuente de nitrógeno.
Potasio	Nitrato de potasio	Buena fuente de potasio y en forma suplementaria de nitrógeno
	Cloruro de potasio	Buena fuente de potasio
	Sulfato de potasio	Además de potasio proporciona azufre. Es barato y fácil de conseguir
Calcio	Nitrato de calcio	Es bastante soluble, pero difícil de conseguir
	Superfosfato (simple y triple)	Poco soluble, proporciona una buena cantidad de calcio
	Sulfato de calcio	Es el yeso.

Fuente: Samperio (2009). Hidroponía Básica.

Cuadro 12. Fuentes de obtención de nutrientes (cont.)

ELEMENTO	SAL	CARACTERISTICAS
Fósforo	Superfosfato de calcio simple	Además de barato contiene también calcio, azufre y otros micro elementos
	Superfosfato de calcio triple	Además de muy buena cantidad de fosforo, tiene algunos micronutrientes.
	Fosfato mono amónico	Contiene fosforo y nitrógeno amoniacial
Azufre	Sulfato de amonio Sulfato de potasio Y Superfosfato	Son ampliamente tolerados considerando que las pequeñas cantidades de azufre que requieren las plantas quedan cubiertas con cualquiera de estas sales.
Magnesio	Sulfato de magnesio	Las sales Epson
	Sulfato de magnesio	Anhidro.
Hierro	Sulfato ferroso	Fácil de conseguir a bajo precio.
	Cloruro férrico	Buena fuente de hierro
	Quelatos	Buena fuente de hierro pero difícil de conseguir.
Manganese	Para el uso hidropónico se utiliza como Sulfato, Quelatos o Cloruro de manganeso	
Boro	Ácido bórico Bórax (tetra borato de sodio)	
Cobre	Cloruro de cobre Sulfato de cobre	
Zinc	Sulfato de zinc Cloruro de zinc	
Molibdeno		Se encuentra como impureza en otros fertilizantes y sales.
Sílice	Silicato de potasio	Es como se consigue generalmente este micro elemento en el comercio.

Fuente: Samperio (2009). Hidroponía Básica.

El cuadro 13 señala los valores óptimos y límites de los elementos descritos en las soluciones nutritivas.

Cuadro 13. Valores óptimos y límites para los elementos

Valores Deseables de cada elemento en la Solución Nutritiva (partes por millón)		
Elemento	Límites	Óptimo
• Nitrógeno	• 150-1000	• 250
• Calcio	• 100-500	• 200
• Magnesio	• 50-100	• 75
• Fósforo	• 50-100	• 80
• Potasio	• 100-400	• 300
• Azufre	• 200-1000	• 400
• Cobre	• 0.1-0.5	• 0.5
• Boro	• 0.5-5	• 1
• Hierro	• 2-10	• 5
• Manganese	• 0.5-5	• 2
• Molibdeno	• 0.01-0.05	• 0.02
• Zinc	• 0.5-1	• 0.5

Fuente: <http://members.fortunecity.es/jalvarezg/tutorial.htm>.

Nota: Una parte por millón equivale a un miligramo disuelto en un litro de agua o 1 gramo en 1000 litros.

Como se puede observar, existe cierto rango de tolerancia de las plantas a las concentraciones de los nutrientes en los cuales puede haber variaciones. Así se puede comenzar con cualquier fórmula basado en los datos anteriores de acuerdo con los nutrientes útiles para tu cultivo.¹⁷⁷

Vale la pena decir que es necesario tener en cuenta que la composición ideal de una solución nutritiva no depende solamente de las concentraciones de los nutrientes, sino también de otros factores relacionados con el cultivo, inclusive del tipo de sistema hidropónico, los factores ambientales, la época del año (duración del periodo de luz), el periodo fenológico, la especie vegetal y el cultivar en consideración.¹⁷⁸ A continuación, en el cuadro 14, se presenta el contenido de la fórmula 1 que se emplea en cultivos hidropónicos.

¹⁷⁷ S/A. (2002) Hidroponía para empezar.

¹⁷⁸ Pedro R. Furlani. Solución Nutritiva. 7mo. Congreso Internacional de Hidroponía.

Cuadro 14. Fórmula 1 cultivo hidropónico

Mineral	Cantidad Gramos/ 20l de agua.
Nitrato de potasio	15
Fosfato monoamónico	3.5
Nitrato de calcio	13.5
Sulfato de calcio	10
Sulfato de magnesio	6
Sulfato ferroso	1.0

Fuente: <http://members.fortunecity.es/jalvarezg/tutorial.htm>

El cuadro 15 muestra la fórmula 2. En este caso debe tenerse cuidado con el Sulfato de Calcio (yeso) que tiende a precipitarse, lo cual es un inconveniente, sobre todo si planea una recirculación.¹⁷⁹

Cuadro 15. Fórmula 2 cultivo hidropónico. Fórmula en seco

Mineral	Cantidad (Gramos)
Sulfato de amonio	10
Nitrato de potasio	40
Nitrato de calcio	70
Fosfato monopotásico	80
Sulfato de magnesio	80
Sulfato de hierro	menos de 1gr.

Fuente: Hidroponía básica. Gloria Samperio (2009)

Todas las sales se mezclan en seco y de ésta se toman 10 gr. los cuales se disuelven en 5l. de agua. Esta solución puede utilizarse desde que la planta es pequeña y hasta que alcanza 15 cm. de altura o florece.

El cuadro 16 muestra el contenido de sus elementos, los cuales se expresan en la fórmula 3.

¹⁷⁹ S/A. (2002) Hidroponía para empezar.

Cuadro 16. Fórmula 3 cultivo hidropónico, fórmula en seco

Mineral	Cantidad. (Gramos)
Sulfato de amonio	5
Nitrato de potasio	70
Nitrato de calcio	100
Fosfato monopotásico	80
Sulfato de magnesio	100
Sulfato de hierro	Un pellizquito, pues se requiere menos de 1gr.

Fuente: Hidroponía básica. Gloria Samperio (2009).

Hay que notar que combinar todos los minerales en seco es necesario tomar 10 gr. de la mezcla y se disuelve en 5l. de agua, por lo que es necesario regar las plantas por la mañana y por la noche. Cuando éstas florean o dan frutos se agregaran 15 gr. por cada 5l. de agua. Después de este regadío, se recomienda recolectar la solución nutritiva que escurre de los contenedores para ser reutilizada.¹⁸⁰

Es preciso notar que no existe una "fórmula mágica", pues existen diversas combinaciones de sales para dar a tu cultivo los elementos necesarios. Aunque para obtener los mejores resultados se debe ajustar la solución nutritiva durante el ciclo de crecimiento, y este ajuste es diferente para cada cultivo en particular. Las plantas de hoja comestible generalmente emplean más Nitrógeno; las de raíz necesitan más Potasio y las de frutos deben mantener niveles relativamente bajos de Nitrógeno.¹⁸¹

De acuerdo con la temporada, es necesario ajustar la fórmula, por ejemplo, para el jitomate, que precisa considerar la relación entre el Nitrógeno y el Potasio. Con condiciones de alta luminosidad, las plantas usan más N. Así, para mejorar la calidad del fruto en los meses de otoño y principios de invierno se recomienda aumentar el Potasio, e incluso duplicar la relación Potasio/Nitrógeno en invierno, cuando se recibe menos luz.

¹⁸⁰ Samperio. 2009. Hidroponía Básica.

¹⁸¹ S/A. (2002) Hidroponía para empezar.

Esto no quiere decir que las plantas no se desarrollen si no se modifica la solución nutritiva; pero son un ejemplo de algunas de las consideraciones que se deben hacer sobre todo si se pretende tener una producción elevada. Si este es el caso, lo más recomendable es que se cuente con asesoría especializada, buenas fuentes de información, experiencia de un año mínimo, una buena infraestructura y un equipo de monitoreo.¹⁸²

Cosecha

Levantar la cosecha es uno de los pasos más sencillos; ya que ésta consiste en recolectar el fruto. Esta se puede realizar alrededor del tercer mes dependiendo de lo que se haya cultivado. En la extracción del fruto se utilizan tijeras de podar para plantas.

En caso de que el producto se venda, conviene tomar en cuenta el tiempo de corte y el tiempo que el producto pasará en el mercado hasta llegar al consumidor. Ver la figura 55, en la etapa de la cosecha de tomate.

Es conveniente considerar que el periodo de vida es diferenciado en los cultivos. Por lo que respecta a la cosecha, el uso de tijeras facilita la extracción de los frutos sin lastimarlos y en muchos casos para no lastimar la planta.

¹⁸² S/A. (2002). Hidroponía para empezar

Figura 53. Poda del fruto



Fuente: http://www.hydroenvironment.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=69

Aspectos recapitulativos

En este apartado da cuenta de los diversos tipos de invernadero, por consiguiente de las diversas construcciones que consideran las características medioambientales como determinantes para el crecimiento de la siembra, tal como la radiación solar que pueda asegurar un mínimo de 8 horas al día. A su vez, las condiciones del espacio para la construcción del invernadero. En tal sentido, se precisa saber las condiciones básicas de las viviendas para la construcción de los viveros hidropónicos.

El cálculo estimado de espacio para la construcción de un invernadero a dos aguas es de 6x4x6, con esta extensión es posible construir la infraestructura para producir con el método de cultivo semi hidropónico. El tipo de contenedores es en función del método de cultivo hidropónico seleccionado, la semilla recomendada es la estándar, por costo y producción para una familia promedio. La siembra y germinación están determinadas con base en el tipo de cultivo seleccionado. El trasplante debe realizarse a los 15 días para todos los cultivos. La poda se recomienda hacerla al iniciar la floración para no cortar ramas con frutos. En cuanto a la solución nutritiva se recomienda la tercera fórmula por la facilidad de su preparación y en cuanto a la etapa de cosecha, se tendrá que realizar con sumo cuidado y con herramienta adecuada para no lastimar la planta.

RESULTADOS

Al revisar las potenciales de la técnica hidropónica en cuanto al tipo, costo, espacios, integración familiar, labores agrícolas, actividades de esparcimiento, generación de ingresos, así como de la facilidad en el manejo y comprensión del proceso de producción, es posible desarrollar esta actividad cualquier tipo de cultivo hidropónico que puede elegirse según las condiciones y tipos de materiales que se deseen incorporar.

La producción hidropónica se convierte en una alternativa para atender y alcanzar niveles de alimentación requeridos por el consumo alimentario. Frente a las contingencias ambientales extremas, producidas por el cambio climático, la producción hidropónica urbana puede realizarse en conjuntos habitacionales o en residencias que tengan una extensión libre en promedio de 3 x 4 m., es decir 12 m²; la cual permite montar un invernadero.

Es de mencionarse que la elección de esta zona habitacional, surgió como una idea de los vecinos al ver la producción de hortalizas de mi invernadero. Para señalar la viabilidad de este modelo de producción se realizaron consultas a 14 de 45 familias al conjunto habitacional “Villas Santa Ana 5”, que se localiza en la ciudad de Toluca en la comunidad de Santa Ana Tlapaltitlán, sobre la vialidad Ignacio Comonfort. Las características de interés versaron en conocer: ocupación, edad, número de miembros de la familia. Las ocupaciones de los encuestados registran ejecutivos administrativos, ingenierías en diversas ramas, en su mayoría las mujeres se dedican al hogar. Siendo estas últimas, las más interesadas en participar en el proyecto.

De manera específica de la muestra de 14 familias, es decir, del 100% un 42.87% manifestó poder dedicar el tiempo completo, y un 50% medio tiempo. Cabe señalar que el cálculo de tiempo para atender las actividades de la hidroponía es de 4 horas como tiempo completo al día y 2 horas como medio tiempo. La edad promedio de los

entrevistados es de 35.5 años y en promedio las familias constan de 4 miembros, quiere decir que la familia tiene 2 hijos en promedio.

Por lo que concierne al gasto de alimentos, el promedio es de 2,950 pesos mensuales; de los cuales el 22.51 % se gasta en frutas, 34.98 % en verduras y 3.58 % en especie; es decir el 61.07 % del total del presupuesto asignado al alimento.

Entonces, Las verduras tienen un alto potencial para ser cultivados en casa, en tal sentido se ahorrarían en promedio un 34.98 % del ingreso por mes designado para alimentos.

Respecto de las frutas, las que se consumen con mayor frecuencia son: Manzana, naranja, mango, mandarina, piña, plátano, guanábana, durazno. Al respecto, el plátano que se espera ser el más popular, en el momento en que se aplicó el instrumento estaba muy caro por contingencias ambientales. Otro aspecto importante de considerar es que el consumo de frutas se realiza con base en la época de temporada. Por otra parte, en cuanto a las verduras, dominan: El jitomate, cebolla, papas, calabaza, chile, ajo, lechuga, las cuatro primeras las consumen la totalidad 100%, zanahoria el 92.85 %, chile y ajo el 85.71% y elote el 78.57 %. Este resultado muestra las preferencias y las posibilidades de incorporar con éxito cultivos con la técnica de la hidroponía.

En cuanto a las especies de mayor demanda se consideran: Cilantro, epazote, perejil, yerbabuena y albarca. La primera tiene un consumo del 100 %, el perejil un 85.71 %, el epazote y yerbabuena con un 71.42 % y el albaca con un 42.85 %.

El instrumento arroja información de quienes están dispuestos a conocer la hidroponía, para lo cual el 100% se manifestó interesado, sin embargo de este porcentaje el 42.85% dijo conocer algún aspecto del cultivo hidropónico y el restante 57.14 manifiesta no conocer la técnica.

El caso de análisis de la zona habitacional “Villas Santa Ana 5”; cuenta con un área de patio de 12 m², la cual puede adaptarse para la producción de alimentos a través del invernadero elegido con fines de las características de la zona habitacional. Este conjunto se encuentra en una zona urbana cercana a supermercados donde se esperaría que sus preferencias en el consumo pueden ser satisfechas por éstos, sin embargo los entrevistados manifestaron su preferencia por cultivar en sus hogares, asegurando con ello, la calidad en su producción.

La exposición de las fases del proceso de producción hidropónico permite evaluar la posibilidad de introducción hidropónica en las características de espacios. Así, se considera que es pertinente su introducción en zonas urbanas por las siguientes razones: La primera se refiere a la contribución por mejorar los niveles de nutrición de la población que los produce, por estar al alcance de la producción; la segunda tiene que ver con los ingresos por producir diversos cultivos, de los cuales se pueden distribuir entre las familias vecinas productoras.

Cabe mencionar que el tomate es el cultivo más popular, esto se explica porque los platillos mexicanos lo incluye, como una verdura base para cualquier elaboración; la tercera, porque al producir los vegetales las familias ahorran en la compra de los productos, en cualquiera de los modelos hidropónicos elegidos; la cuarta se relaciona con la calidad de vida de los posibles productores, por ejemplo, la posibilidad de integración familiar y de los vecinos ya que se comparten las labores, y las prácticas cotidianas que en promedio son tres horas disminuye estrés; la quinta se relaciona con el embellecimiento de los espacios urbanos, que a la par, se capta bióxido de carbón; la sexta porque se relaciona con la facilidad de producción y con el costo de la misma, puesto que la infraestructura y material son accesibles y los interesados las pueden construir, mediante el posible reúso de residuos sólidos que desecha la familia o los vecinos, ejemplo de ello los envases de pet, tetrabrik, por mencionar algunos.

En el análisis, la característica denotativa que permite que la propuesta de producción hidropónica sea viable es la que concierne a la disponibilidad de tiempo para la

producción por parte de la familia. En la zona habitacional de “Villas Santa Ana 5”, la ocupación que informan los jefes de familia es en su mayoría de profesionistas que sostienen su familia, mientras que las esposas se dedican al hogar y atienden en promedio a dos hijos. La mayoría de la vecindad son familiar jóvenes, con hijos que no pasan el nivel de secundaria. El impacto del desarrollo de esta actividad en los niños promueve el amor por la naturaleza, así como el acercamiento; ya que las experiencias tempranas pueden trascender de manera significativa en su desarrollo como seres humanos.

Además, un comportamiento importante de la muestra es que en la mayoría de las parejas, la mujer se encarga del cuidado de los niños y de la casa, esto hace que las amas de casa, además de educar y entretenese con sus hijos, puedan producir alimentos para el apoyo del sostén de la familia. Del 100% de la población un 42.87% manifestaron poder dedicar el tiempo completo, y un 50% medio tiempo. El cálculo máximo de horas que se puede destinar es de 4 hr./día, por lo que el tiempo disponible se adecua al requerido para atender el cultivo.

Por otra parte, por lo que respecta al gasto de alimentos, la producción según los vegetales que se elija puede contribuir al ahorro en gasto de verduras, que es de 34.98 % y 3.58 % en las especies; es decir el 38.48 % del total del presupuesto asignado al alimento. En tal sentido la producción sobrante puede venderse entre los vecinos con posibilidades de compartir además diversos vegetales.

Es importante considerar que el consumo de verduras es permanente. Al respecto, los informantes señalan preferencias en su consumo, destacan: El jitomate, la cebolla, las papas, la calabaza, el chile, el ajo, la lechuga y la zanahoria, las cuatro primeras las consumen la totalidad 100%, zanahoria el 92.85 %, chile y ajo el 85.71% y elote el 78.57 %. De la misma manera para el caso de las especies, los más populares son: cilantro, epazote, perejil, yerbabuena y albarca, éstos tiene una gran aceptación y por lo tanto una gran demanda. Esta información expresa las posibilidades de incorporar con éxito cultivos con la técnica de la hidroponía.

Respecto a las expectativas de introducción de producción de hidroponía, esta tiene que ver con el conocimiento de la misma, para el caso, la totalidad de los informantes están dispuestos a conocer la hidroponía, para lo cual el 100% se manifestó, sin embargo de este porcentaje el 42.85% dijo conocer algún aspecto del cultivo hidropónico y el restante 57.14 manifiesta no conocer la técnica.

Con base en la información que expresaron los entrevistados se constata la viabilidad, ya que están dispuestos a realizar las labores que a lo mucho representan cuatro horas por día. Además se puede afirmar que la actividad ahorrará un gasto del 38.56% del total que se destina a alimentos.

CONCLUSIÓN

Con el presente trabajo se intenta contribuir, desde las Ciencias Ambientales, a la posibilidad de elaborar propuestas que incidan en la disposición de alimentos en las zonas urbanas a partir de una técnica de producción hidropónica.

A partir de la pregunta de investigación que a la letra dice: ¿Qué características permiten la viabilidad en la producción de vegetales por hidroponía en las zonas urbanas? La respuesta en el transcurso del trabajo da cuenta cuando se exponen las fases de producción y, en ellas las características susceptibles de consideración, especialmente a la técnica semi hidropónica.

De hecho, se muestran las fases de la investigación que reivindican los orígenes de la técnica agrícola, así como las características sobresalientes que la constituyen como un sistema de producción hidropónico; la tipología hidropónica y sus características; la importancia de la técnica por los beneficios en una situación de crisis alimentaria y; finalmente de la propuesta del proceso que incluye: La construcción del invernadero, elección de la infraestructura, selección, germinación, trasplante, alimentación de la planta y cosecha, todo esto adaptado a las especificaciones del conjunto habitacional urbano.

Con respecto a la importancia se identificaron las características esenciales significativas del sistema, de tal manera que este modelo ha servido como fuente de alimentación en condiciones adversas de falta de suelo, nutrientes y agua.

En lo concerniente a la propuesta, los elementos sustanciales de consideración es la elección de espacios que reciban al menos 8 horas de luz, las otras, son de mayor accesibilidad, pues pueden ser de material de reúso. Con ello se identificaron las especificaciones para cada una de las etapas del proceso productivo.

Para evaluar los diversos tipos de producción se expusieron diversas alternativas y esto permitió elegir la que se adapta a las condiciones de la unidad habitacional.

Al elegir la propuesta de producción según el costo, espacio, material, tiempo, tipo de huerto y tipo de semillas se identificaron y discriminaron los componentes que hacen viable la propuesta de producción.

La elaboración de la propuesta permite integrar el resultado del análisis de las características de la producción de vegetales por hidroponía, pero también el análisis social que incluye la aceptación para producir, la disposición para aprender, el tiempo, costo de producción bajos, reutilización de residuos sólidos y fácil manejo del sistema hidropónico. En general las condiciones físicas del espacio que se piensa destinar para la producción. Por ello se integra el instrumento que constata la información.

Por lo que se concluye que ésta técnica es una alternativa viable para zonas urbanas; puesto que en términos económicos permite solventar el gasto que en promedio es del 30% del ingreso mensual, además permite un ingreso extra por la venta de los productos.

Por ende, en el ámbito familiar la propuesta permite la integración de la familia a partir de las labores para el cuidado de la producción, en términos ambientales permite mejorar la el ambiente, pues los vegetales captan bióxido de carbono, pero también mejora el paisaje urbano. Por otro lado, se ocupa de manera implícita del uso de residuos que desechan los vecinos, y el fin más visible es el consumo y venta de productos alimenticios frescos y sanos y sustentables, pues se recicla el alimento de los vegetales y el agua.

RECOMENDACIÓN

De manera sucinta, se recomienda que el prototipo de hidroponía elegido se desarrolle en espacios urbanos, con el fin de generar un paisaje verde, aumentar el consumo de alimentos provenientes de los vegetales, frutos y especies.

Con respecto a los insumos, se recomienda comprar materiales que aseguren el rendimiento expreso en el trabajo. Por ejemplo en cuanto al plástico, conviene utilizar el verde, ya que aumenta la producción de cualquier cultivo y repela la presencia de insectos.

Respecto de la compra de minerales para las soluciones, comprarlo a granel, para no generar una fuerte inversión en esta parte del proceso.

Finalmente, este trabajo también expone los diversos tipos hidropónicos que pueden ser adaptados para diversos contextos, aunque el elegido tiene la finalidad de construirse en zonas urbanas.

Asimismo se recomienda difundir esta propuesta en programas gubernamentales para la población más desfavorecida o en foros de consulta, congresos y otros en la materia, así como en grupos interdisciplinarios de participación con pedagogos, agrónomos, planificadores y arquitectos, entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

- π Ehler, L. (1990). *Introduction Strategies in Biological Control of Insects. In: Critical Issues in Biological Control.* Edición de Intercept. Andover, Hants, Orlando, Fl.
- π Florián, Pedro. (2010). Los sustratos para el cultivo sin suelo. Edición de Memoria 7mo Congreso Internacional de Hidroponía. Asociación Hidropónica Mexicana. 09/03/2010.Toluca, Estado de México.
- π Glewwe, P (2008) *Nutrition and Development. The new palgrave dictionary of economics.* Edición de Palgrave McMillan. New York, N.Y.
- π Kanapathipillai W. (2010). Plant production in extra-terrestrial habitats NASA. Edición de Memoria 7mo Congreso Internacional de Hidroponía. Miami. Fl.
- π Nelson L. (2010). Beginning Hobby Aquaponics. Edición de Memoria del 7mo Congreso Internacional de Hidroponía. Traducción Penélope De la Rosa, México, D.F.
- π Rodríguez S. (2008) *Guía Práctica de Productos Agroquímicos.* Edición de Asociación Hidropónica Mexicana. México, D.F.
- π Rodríguez S. (2008) *Manual de Sanidad Vegetal.* Edición de Asociación Hidropónica Mexicana. México, D.F.
- π Rodríguez S. Gloria. (2008). *Manual de Invernaderos Principios y Bases.* Edición de Asociación Hidropónica Mexicana. México, D.F.
- π Rodríguez S.(2003). *Como producir con facilidad, rapidez y óptimos resultados Forraje Verde Hidropónico.* Edición de Editorial Diana S.A. de C.V. México, D.F.
- π Samperio G. (1999) *Hidroponía Comercial.* Edición de Editorial Diana S.A. de C.V. México, D.F.
- π Samperio G. (2004) *Un paso más en la hidroponía.* Edición de Editorial Diana S.A. de C.V. México, D.F.
- π Samperio G. (2008). *Hidroponía Fácil para jóvenes y no tan jóvenes.* Edición Editorial Diana S.A. de C.V. México, D.F.
- π Samperio G. (2009). *Hidroponía Básica el cultivo fácil y rentable de plantas sin tierra.* Edición de Editorial Diana S.A. de C.V. México, D.F.
- π Tilbury, D. (1995). *Environmental education for sustainability: defining de new focus of environmental education in the 1990s.* Edición de Environmental Education Research, 1(2), Miami Fl.
- π Toledo, V. (2014) ¿Adónde va la reforma del campo? Edición de En la Jornada del martes 10 de junio de 2014.Toluca, Estado de México.

MESOGRAFÍA

- π Agroindustria. (2009). Contaminados vegetales y frutas que se consumen en el DF. [En línea]. Disponible en <http://www.2000agro.com.mx/agroindustria/contaminados-vegetales-y-frutas-que-se-consumen-en-el-df-investigador/>. (Accesado el 14 de Octubre 2013)
- π Alarcón A. (s/f). Los cultivos hidropónicos de hortalizas extra tempranas. [En línea]. Disponible en http://www.infoagro.com/riegos/hidroponicos_hortalizas. (Accesado el 08 Junio 2014)
- π Almazán, J. (2000). La Educación básica en México. [En línea]. COPARMEX. Disponible en: <http://www.coparmex.org.mx/contenidos/publicaciones/Entorno/2000/diciembre/almazan.htm>. (Accesado el 19 Octubre 2013).
- π Álvarez, J. (2003). Reforma educativa en México: El Programa Escuelas de Calidad. [En línea]. deusto.es. Disponible en: <http://www.ice.deusto.es/RINACE/reice/vol1n1/Alvarez.pdf> . (Accesado el 13 Agosto de 2013).
- π Bernal, A. (2010) La Noción de Educación del Carácter o Moral según Aristóteles y Rousseau. [En línea]. Disponible en: <http://www.bu.edu/wcp/Papers/Educ/EducBern.htm> (Accesado el 14 Diciembre 2013)
- π Botanical. (1999). Preparación de las semillas. [En línea]. Disponible en <http://www.botanical-online.com/preparacionsemillas.htm> (Accesado el 18 Junio 2013).
- π Casierra F. (2007). Fotoinhibición: respuesta fisiológica de los vegetales. [En línea]. Disponible en http://www.delsantek.cl/pdf/Fotoinhibicion_en_Vides.pdf (Accesado el 18 Julio 2014)
- π Chaidez, C. (s/f). Inocuidad de frutas y hortalizas frescas: efectos del agua contaminada [En línea]. Disponible en <http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/5-6-02quiroz.pdf> (Accesado el 18 Junio 2013)
- π Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2012). Los mapas de pobreza en México. (en línea) Disponible en: www.coneval.gob.mx. (Accesado el 12 Junio 2014).
- π Correa M. (2009). ¿Qué es la hidroponía? [En línea]. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos13/hidropo/hidropo.shtml> (Accesado el 25 Enero 2013]
- π Del Cartillo J. (2004). Cultivo del pimiento. [En línea]. Disponible en <http://www.navarraagraria.com/n144/arpimin.pdf> (Accesado el 15 Abril 2014)
- π Greentrees (2009). Hydroponic Gardening for Beginners. [En línea]. Disponible en http://www.hydroponics.net/learn/hydroponic_gardening_for_beginners.asp (Accesado el 05 Julio 2013).

- π Heiney A. (2009). Farming for the Future. [En línea]. Disponible en <http://www.nasa.gov/missions/science/biofarming.html>. Fecha de consulta [Accesado 18 junio 2013]
- π Hydro. (2008). La hidroponía fácil. [En línea]. Disponible en <http://hydrocultivo.com/> (Accesado el 18 Julio2013)
- π Hydroenvironment. (S/f). Información cultivos hidropónicos. [En línea]. Disponible en http://www.hydroenvironment.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=23&chapter=1 (Accesado el 08 Junio 2013).
- π Ines M. (2008). Sensibilidad de las plantas. [En línea]. Disponible en <http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20080416110140AA84Mg2> (Accesado el 20 Noviembre 2013)
- π Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2011) Encuestas al hogar. [En línea]: Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/Encuestas/Hogares/regulares/Enight/Enigh2010/tradicional/default.aspx>. (Accesado el 25 de Marzo 2013)
- π Jasso I. (2011). La alimentación en México: un estudio a partir de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares. Datos, Hechos y Lugares. [En línea]. Disponible en: <http://www.inegi.gob.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/contenidos/articulos/sociodemograficas/alimento03.pdf>. (Accesado el 18 Julio 2013)
- π Marulanda C. (2003). Huerta Hidropónica Popular. organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura. [En línea] Disponible en <http://www.rlc.FAO.org/es/agricultura/aup/pdf/3.pdf> (Accesado el 16 Junio 2012).
- π Moneo M. (2004).Las plantas y su medio ambiente [En línea]. Disponible en http://www.atmosphere.mpg.de/enid/1_Las_plantas_y_el_clima/_las_plantas_y_su_medio_ambiente_1sk.html (Accesado el 25 Enero 2014)
- π Monograffías (2010). “Hidroponía” [En línea]: Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos13/hidropo/hidropo.shtml>. (Accesado el 08 Junio 2013).
- π Once noticias. (2009). Alimentación en México. [En línea]. Disponible en http://oncetvipn.net/noticias/index.php?modulo=despliegue&dt_fecha=2006-06-16&numnota=61 [Accesado 16 junio 2011]
- π Poroin. J. (2003). Desinsectación. [En línea]. Disponible en <http://www.poroin.com/htm/desinsectacion.htm> (Accesado el 30 Mayo 2013).
- π Principia centro de ciencias. (S/f). Germinación de semillas. [En línea]. Disponible en <http://www.principia-malaga.com/portal/pdfs/web-germinacion-semillas.pdf> (Accesado el 31 Marzo 2014).
- π Real academia española. (2009). Infraestructura. [En línea] Disponible en http://buscon.rae.es/drae/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=infraestructura (Accesado el 13-08-13)
- π Restaurantes de México. (2007). Inocuidad alimentaria. [En línea] Disponible en http://www.restaurantesdemexico.com.mx/153/Reportaje_Inocuidad_Alimentaria.htm (Accesado el 25 Enero 2013).

- π Rodriguez, L (2009) “La Chinampa” [En línea] Disponible en. <http://www.blogcurioso.com/los-aztecas-y-su-tecnica-de-cultivo-chinampas/> (Accesado el 10 de junio de 2014)
- π S/A. (2002) Hidroponia para empezar. [En línea], Disponible en <http://members.fortunecity.es/jalvarezg/tutorial.htm>. (Accesado el 18 Junio 2014)
- π S/A. (2003). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura [En línea] Disponible en <http://www.fao.org/biotech/abdc/conference-home/es/> (Accesado el 16 Junio 2014).
- π S/A. (2005). Hipoxia. [En línea]. Disponible en <http://www.elergonomista.com/fisiologiavegetal/hipoxia.htm> (Accesado el 14 Septiembre 2014).
- π S/A. (2011). Hidroponía. [En línea]. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/Hidrop%C3%B3n%C3%ADA>. (Accesado el 11 Junio.2011).
- π S/A. (2011). La epidemia de obesidad en México; ¿qué la ocasiona, cómo enfrentarla? [En línea]. Disponible en www.elpoderdelconsumidor.org (Accesado el 18 Junio 2014).
- π S/A. (s/f). Centroamérica en Cifras. Datos de Seguridad Alimentaria Nutricional y Agricultura Familiar. [En línea]. Disponible en <http://www.rlc.fao.org/es/publicaciones/centroamerica-en-cifras-datos-de-seguridad-alimentaria-nutricional-y-agricultura-familiar/> (Accesado el 24 Agosto 2013)
- π S/A. (s/f). Cultivo del calabacín de invernadero. [En línea]. Disponible en <http://pdf.rincondelvago.com/cultivo-del-calabacin-en-invernadero.html> (Accesado el 15 Mayo 2013).
- π S/A. (s/f). Invertebrados. [En línea]. Disponible en <http://www.emas.co.cl/categorias/biologia/inv.htm> (Accesado el 18 Junio 2014).
- π S/A. (s/f). La desnutrición en México. [En línea]. Disponible en <http://html.rincondelvago.com/desnutricion-en-mexico.html> (Accesado el 19 Noviembre 2013)]
- π S/A. (s/f). La Hidroponía. [En línea]. Disponible en http://hidroponia.itgo.com/Hidrop1.htm#_ftnref1#_ftnref1 (Accesado el 10 Junio 2012).
- π S/A. (S/f). Métodos para ejercer el control de insectos. [En línea].Disponible en <http://www.plagasydesinfeccion.com/insectos/control-de-insectos.html> (Accesado el 18 Julio 2014).
- π S/A. (s/f). Niveles de desnutrición. [En línea]. Disponible en <https://www.unkilodeayuda.org.mx/nutricion/desnutricion/estadisticas/> (Accesado el 22 Octubre 2013)
- π S/A. (S/f). Siembra y trasplante. [En línea]. Disponible en http://www.coneyt.org.mx/educhamba/guias_emprendizaje/SIEMBRA_TRANS.pdf (Accesado el 14 Abril 2014].

- π S/A. (S/f).Métodos y estrategias en el control de plagas. [En línea]. Disponible en http://www.avocadosource.com/books/cisnerosfausto1995/CPA_4_PG_78-80.pdf (Accesado el 18 Julio 2014)
- π Santander F. (2005). Hidroponía popular simplificada. [En línea]. Disponible en <http://www.elmejorguia.com/hidroponia>. (Accesado el 08 Junio 2012).
- π Universidad autónoma de Tamaulipas. (2009). Impacto del estrés hídrico y la temperatura alta sobre plantas [En línea]. Disponible en <http://www.turevista.uat.edu.mx/Volumen%203%20numero%203/hidrico-estres.htm> (Accesado el 14 Febrero 2014).
- π Universidad política de valencia. (2003). Germinación de semillas. [En línea]. Disponible en http://www.euita.upv.es/varios/biologia/Temas/tema_17.htm (Accesado el 22Diciembre 2013).
- π Wikipedia (2010). Jardines Colgantes de Babilonia” [En línea]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Jardines_Colgantes_de_Babilonia. (Accesado el 2 de Enero 2013).
- π Wikipedia. (2009). Descomposición química. [En línea]. Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Descomposici%C3%B3n_qu%C3%A1mica (Accesado 05 Julio 2013)
- π Wikipedia. (2010). Erosión. [En línea]. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/Erosi%C3%B3n> (Accesado el 05 julio 2013).
- π Wikipedia. (2011) Germinado. [En línea]. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/Germinado>. (Accesado el 14 Febrero 2014)
- π Wikipedia. (2011). Botrytis cenerea. [En línea]. Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Botrytis_cinerea. (Accesado el 18 Junio 2014).
- π Wikipedia. (2011). Necrosis. [En línea]. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/Necrosis> (Accesado el 22 Agosto 2013)
- π Wikipedia. (2011). Temperatura. [En línea]. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura> (Accesado el 18 Julio 2014).
- π Wikipedia. (2011). Turba. [En línea]. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/Turba>. (Accesado el 04 Agosto 2014).
- π Wikipedia. (2011). Turgencia. [En línea]. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/Turgencia> (Accesado el 10 Mayo 2013).
- π Wikipedia. (2011). Vertebrata. [En línea]. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/Vertebrata> (Accesado el 31 Marzo 2014).
- π Word reference (2011). Poiquilotermia. [En línea]. Disponible en <http://www.wordreference.com/definicion/poiquilotermia> (Accesado el 18 Julio 2014).