

Manual para la producción de cultivos aeropónicos  
Manual para la producción de cultivos aeropónicos

Experiencia realizada en el campus de la Sede Central de la  
Universidad Técnica Nacional.

Elaborado por

MSc. Marvin Torres Hernández

ALAJUELA, 2016

## TABLA DE CONTENIDO

<b>PRESENTACIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 ANTECEDENTES.....</b>	<b>4</b>
1.2 Objetivos.....	5
<b>2.1 Agua como recurso finito.....</b>	<b>6</b>
2.1.1 Hidroponía.....	8
2.1.2 Qué es Aeroponía?.....	8
2.1.2.1 Aspectos básicos del sistema.....	9
2.1.2.2 Ventajas de la aeroponía.....	10
2.1.2.3 Sistema de producción.....	11
<b>3.0 Propuesta de modelo.....</b>	<b>12</b>
3.1 Estructuras de siembra.....	13
3.2 Drenaje.....	14
3.3 Tanque.....	15
3.4 Bomba.....	15
3.5 Tubería y filtros.....	16
3.6 Microaspersores.....	17
3.7 Ciclos de riego.....	17
3.8 Calidad del agua.....	18
3.9 Siembra.....	19
3.10 Cultivo.....	20
3.11 Solución nutritiva.....	21
3.2 Sistema novedoso.....	22
3.3 Ventajas ambientales del sistema.....	21
<b>4.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>22</b>
<b>5.0 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>22</b>

## **Presentación**

La siguiente es una propuesta de un modelo aeropónico para la producción de hortalizas de hoja, construido y validado en las instalaciones de la Sede Central Alajuela de la Universidad Técnica Nacional. Es el resultado de un proceso de investigación que busca ofrecer una alternativa diferente al productor nacional, donde los recursos de agua y tierra principalmente, sean utilizados con criterios de conservación y sostenibilidad. Se pretende además, la generación de una conciencia productiva de respeto a los recursos ambientales disponibles, una visión innovadora de producción armónica y en equilibrio con el ecosistema.

La técnica aeropónica es de reciente introducción y de poca divulgación en el país, sin embargo, su potencial productivo, de ahorro de recursos y posibilidades de desarrollo, debe ser investigada para su adaptación a nuestros cultivos y condiciones de producción. Con esta propuesta se pretende sentar las bases de un proceso que debe ser continuado para brindar alternativas viables y pertinentes al sector, que pueda influir en forma positiva en el desarrollo agrícola, y que sea consecuente con los esfuerzos que se realizan en torno a la protección de nuestros recursos ambientales. Se pretende además, posibilitar la transferencia de conocimientos y servir como vehículo de apoyo a procesos de educación ambiental en aras de la protección y manejo consciente e inteligente de los recursos naturales.

## Antecedentes

Desde hace algunos años, ha venido en aumento el interés de la producción agrícola bajo métodos no convencionales y bajo ambientes protegidos, con resultados bastantes halagadores, tanto por su rendimiento y calidad, como por los sistemas que emplea. Dentro de estos sistemas, la hidroponía ha venido ganando terreno en áreas como la producción de hortalizas, flores, plantas aromáticas, ornamentales y otras. El desarrollo de esta técnica ha permitido, el mejoramiento de la dieta familiar y el fortalecimiento de los índices económicos de muchas familias costarricenses, que alrededor de esta actividad han creado empresas exitosas y dado ocupación laboral a sus miembros.

A nivel mundial, la hidroponía ha tenido un gran crecimiento y reconocimiento pues, se ha constituido en una actividad productiva que ha logrado la obtención de cosechas bajo diferentes condiciones y climas. Actualmente se invierte mucho capital en investigación y mejoramiento de las técnicas de producción, ya que se le reconoce muchas ventajas con relación a los sistemas tradicionales de cultivo, principalmente en rendimiento, aprovechamiento de los recursos de agua y suelo y en la protección ambiental. En Costa Rica, en los últimos años algunas instituciones de gobierno, de educación y particulares, han venido promoviendo la capacitación y el desarrollo de proyectos de tipo familiar, de pequeña y mediana escala, buscando con ello apoyar la gestión de ingresos, mejorar los hábitos alimenticios y de dar a conocer y difundir esta técnica de producción.

Tradicionalmente el desarrollo de la hidroponía nacional, se ha basado en el empleo principalmente de sustratos sólidos y, en menor escala, el cultivo en agua bajo el sistema NFT (Nutrient Film Technique) o en la técnica de raíz flotante.

La técnica de producción en agua denominada **aeroponía**, ha sido poco estudiada y empleada en la producción hidropónica nacional y en muchos casos,

se considera novedosa dada la poca o nula difusión que ha tenido. Sin embargo, en países como Perú, México, Colombia, España, y otros, es una alternativa considerada de gran importancia y proyección tanto para producir, como para la investigación científica y tecnológica. Desde esta perspectiva, la aeroponía ofrece ventajas que deben ser consideradas, pero para ello, es necesario dar los primeros pasos que permitan generar la tecnología necesaria para su adaptación y acoplamiento al sistema productivo nacional. Es conocido que mediante esta técnica se pueden obtener altos rendimientos en cultivos de hortalizas de hoja, de fruto, flores y algunas plantas medicinales, que son producidas con poca o nula incidencia de plagas y enfermedades y por ende con un uso restringido de productos fitosanitarios, que hacen esta técnica amigable con el ambiente.

Con esta propuesta se busca ofrecer al productor nacional una nueva alternativa de producción con reducción en materiales, mano de obra y agua, además de minimizar la contaminación del suelo al reducir las aportaciones de aguas enriquecidas con sustancias nutritivas, dada la recirculación del recurso. Así mismo, su desarrollo y perfeccionamiento permitirá generar nuevas oportunidades para el crecimiento de la investigación y la innovación tecnológica.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general.**

- Desarrollar e implementar un modelo aeropónico para la producción de hortalizas, como propuesta alternativa a la producción tradicional.

### **Objetivos específicos.**

- Validar la técnica de producción aeropónica como alternativa de producción hortícola en Costa Rica.
- Identificar diferentes especies de plantas hortícolas que puedan adaptarse al sistema aeropónico.
- Contribuir en la reducción de los impactos negativos causados por los métodos tradicionales de producción de hortalizas.
- Ofrecer una nueva alternativa tecnológica que contribuya a la armonía y al respeto por los recursos naturales, mediante una producción sana y amigable con el entorno

### **2.1 Agua como recurso finito**

. El agua como recurso finito en cuanto a disponibilidad, calidad y distribución, está siendo sometida a procesos degradativos que comprometen su aprovechamiento y con ello la vida planetaria.

Una de las mayores preocupaciones mundiales, relacionadas con el cambio climático y la seguridad alimentaria es el agua, pues de ella dependen todos los seres vivos que habitan el planeta, brinda y da sustento a todos los ecosistemas existentes y es parte fundamental de muchos procesos físicos, químicos y biológicos

La UNESCO (2015), para la celebración del Día Mundial del agua del año 2015, definió como tema principal “Agua y Desarrollo Sostenible”, “planteando que el agua es un elemento esencial del desarrollo sostenible, que los recursos hídricos, y la gama de servicios que prestan, juegan un papel clave en la reducción de la

pobreza, el crecimiento económico y la sostenibilidad ambiental. El agua propicia el bienestar de la población y el crecimiento inclusivo, y tiene un impacto positivo en la vida de miles de millones de personas, al incidir en cuestiones que afectan a la seguridad alimentaria y energética, la salud humana y al medio ambiente”.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2008) subraya “la necesidad de invertir en agua, agricultura y ecosistemas como estrategia para reducir el hambre y la pobreza. El agua, los alimentos y los ecosistemas son tres aspectos de nuestro bienestar mundial tan íntimamente unidos que se han vuelto decisivos para los medios de subsistencia, el desarrollo sostenible y la estabilidad política”, la FAO predice que su importancia aumentará, ya que la acentuación de la inseguridad alimentaria y de una mayor escasez de agua, generará más competencia sobre los recursos hídricos. Se espera que los países en desarrollo expandan sus áreas de regadío en aproximadamente un 20% antes de 2030”.

“Se estima que del recurso hídrico explotado, un 70% se utiliza en la producción de alimentos, así mismo, se considera que un 10% de la producción de granos en el mundo depende de la extracción insostenible de los acuíferos” (FAO, 2013).

La agricultura representa aproximadamente el 70% de la captación total de agua dulce a nivel mundial y más del 90% en la mayoría de los países menos desarrollados y por lo tanto se considera como la principal responsable de la creciente escasez global (WWAP, 2016).

Así las cosas, el recurso agua será cada vez más limitado y con una demanda creciente, que obliga a plantear alternativas de uso más eficientes e inteligentes, donde el uso y reúso de las aguas sea un elemento presente en los sistemas de producción, para lograr un mayor incremento productivo con la mayor eficiencia y protección de los recursos.

### 2.1.1 Hidroponía

“Hidropónicos, el cultivo de plantas sin tierra, se ha desarrollado a partir de los descubrimientos hechos en las experiencias llevadas a cabo, para determinar que sustancias hacen crecer las plantas y la composición de ellas. Este trabajo sobre los constituyentes de las plantas comenzó tiempo atrás, hacia el año 1600; no obstante las plantas fueron cultivadas sin tierra mucho antes de esto. Los jardines colgantes de Babilonia, los jardines flotantes de los aztecas, en México, y los de China Imperial son ejemplos de cultivos hidropónicos, existiendo también jeroglíficos egipcios, fechados cientos de años antes de Cristo, que describen el cultivo de plantas en agua” (Resh, H. 2001).

La palabra hidroponía proviene del griego, **hydro** (agua) y **ponos** (labor o trabajo), trabajo en el agua. Con el pasar del tiempo, la técnica hidropónica se ha puesto en práctica bajo diferentes modalidades: raíz en sustrato sólido (mezcla de materiales como arena, carbón, grana de arroz, entre otros), raíz en agua o raíz flotante y raíz desnuda (raíz de la planta expuesta al aire), por esta razón la palabra hidroponía se entiende hoy como el “cultivo sin tierra”. (Jiménez, 1998, citado por Sánchez, S. 2004).

La hidroponía como técnica de producción sin suelo, ofrece nuevas oportunidades para obtener bienes de consumo donde aspectos importantes como, la salud, el ambiente y la economía se ven favorecidos con su desarrollo, al lograrse un mayor rendimiento, una mejor calidad, y productos más sanos y amigables con el entorno.

### 2.1.2 ¿Qué es Aeroponía?

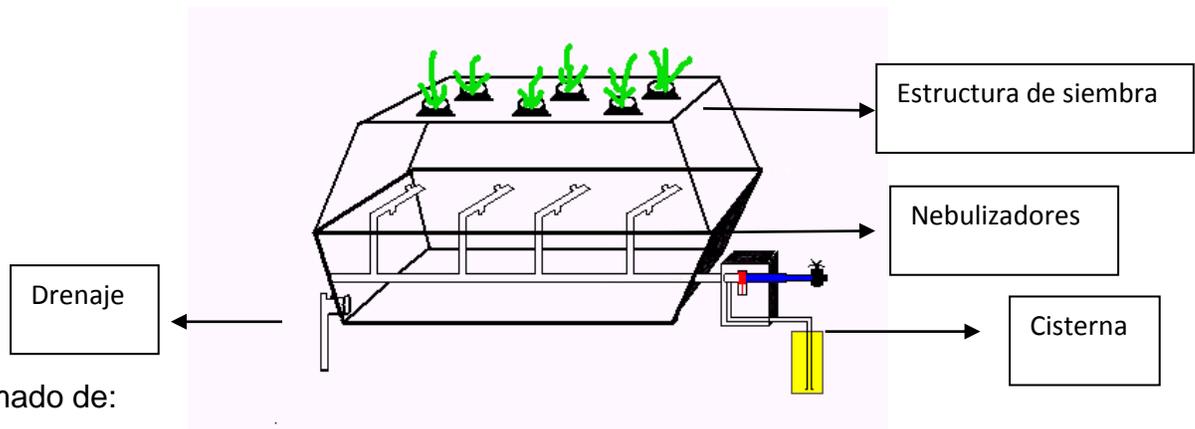
Una variante del sistema de producción hidropónico, es la **aeroponía** que en nuestro país es poco conocida, pero que representa una alternativa con gran potencial de desarrollo considerando aspectos como producción, ahorro de agua, saneamiento y calidad de la producción. Así mismo, por sus características hidropónicas, este sistema permite la producción de hortalizas durante todo el año, pudiendo mantener una oferta productiva constante y generadora de recursos económicos para los productores.

La palabra "Aeroponía" viene de los términos griegos **aero** y **ponos** que significan respectivamente aire y trabajo (Licea, 2012). Los cultivos aeropónicos difieren de los convencionales cultivos hidropónicos y de crecimiento in vitro, porque sus raíces se mantienen suspendidas en el aire, sin usar ningún sustrato (líquido o sólido). Las raíces son pulverizadas periódicamente por un sistema de nebulización, aportándole la humedad y los fertilizantes necesarios. Es un sistema muy limpio y efectivo, al estar las raíces extraordinariamente aireadas el crecimiento es mejor, proporcionando mayores y más limpias producciones, hay un ahorro notable en fertilizantes y agua (hasta 60% de agua y 90% de fertilizantes) (Vélez, 2012).

El sobrante de solución nutritiva puede ser recogido y conducido nuevamente al tanque de alimentación, haciendo recircular la nutrición y ahorrando sustancialmente el suministro de agua.

#### 2.1.2.1 Aspectos básicos del sistema

La aeroponía es un sistema de cultivo bajo condiciones controladas en el que las raíces están suspendidas en el aire y reciben los nutrientes mediante una solución nebulizada.



Tomado de:

[http://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/2453866/Aeroponia\\_-como-comenzar\\_.html](http://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/2453866/Aeroponia_-como-comenzar_.html)

La aeroponía presenta las siguientes características.

#### 2.1.2.2 Ventajas:

- Es un método de alto rendimiento, porque las raíces se mantienen en excelentes condiciones: siempre están en contacto con el aire y recibiendo nutrientes. De esta manera, la productividad es muy alta.
- No emplea sustrato sólido o líquido alrededor de las raíces, por ello son mínimas las posibilidades de aparición de enfermedades asociadas con suelo.
- Permite una drástica reducción en los tratamientos fitosanitarios.
- Pueden utilizarse concentraciones más bajas de nutrientes. ( Brajovic, 2012)

Así mismo puede,

- Contribuir con el incremento de los índices productivos y de rendimiento
- Producirse en cualquier lugar y época del año, lo que garantiza una producción sostenible principalmente en periodos críticos.
- Adaptable para la producción de diferentes tipos de hortalizas

- Es una técnica que por sus características de producción permite el ahorro de agua y evita la contaminación de suelos
- Incentiva la creación de empresas para la producción y comercialización de productos hortícolas.
- Genera fuentes de empleo
- Permite la tecnificación e innovación en el sector productivo nacional.

“La aeroponía ha superado en gran parte a la hidroponía y cultivo de tejidos como medio estéril para la propagación de especies vegetales. Debido a la automatización de la mayoría de las partes del proceso, las plantas pueden ser clonadas y cultivadas por cientos o incluso miles” Dacoo7 (2011).

Esta técnica tiene aplicaciones en el cultivo comercial, tanto en gran escala como al nivel de la horticultura familiar o de aficionado y es además, una valiosa herramienta para la investigación agronómica, en ambientes protegidos. Se puede aplicar en gran cantidad de plantas hortícolas, como tomate, pimiento, pepino, calabacín, lechuga, etc., y en gran cantidad de flores como clavel, crisantemo, rosa, etc. Aplicada racionalmente, permite obtener enormes incrementos cuantitativos y cualitativos de producción. Se producen sensibles reducciones en el uso de mano de obra, fertilizantes y agua, y sobre todo, una drástica disminución en los consumos energéticos de los cultivos en invernadero.

### **2.1.2.3 Sistema de producción**

Para su producción se requiere de la construcción de bancales o canaletas que proporcionen las condiciones adecuadas de oscuridad, de aislamiento térmico y de suministro de agua, para el desarrollo adecuado del cultivo. En la parte superior o en los laterales de la canaleta o bancal según sea la estructura, se colocan las plantas, empleando para ello láminas de poliestireno expandido

blanco, a la cual se le han realizado orificios según la distancia de siembra del cultivo. Estas estructuras en su parte interna deben estar recubiertas por una funda de material plástico negro, para oscurecer el medio y para proteger los materiales usados de la alta humedad. Por fuera deben estar también cubiertas por placas de poliestireno expandido blanco. Para la sujeción de las plantas, se emplean sujetadores o estructuras adicionales para mantenerlas erectas.

En el interior de estas estructuras, se colocan pulverizadores, rociadores, nebulizadores u otros dispositivos para crear una fina niebla de solución que entrega los nutrientes a las raíces de la planta. Se ha determinado que el tamaño óptimo de las micro-gotas en el sistema de riego debe ser entre 5 y 50 micras. La clave para el desarrollo de la raíz en un medio ambiente aeropónico, es el tamaño de la gota de agua (Resh, H. 2001). El sobrante de solución nutritiva puede ser recogido y conducido nuevamente al tanque de alimentación, haciendo recircular la nutrición.

El ambiente aeropónico de producción deber ser estéril y emplearse agua de calidad, para evitar la transmisión de enfermedades vía hídrica que podrían afectar las raíces de las plantas.

### **3.0 Propuesta de modelo aeropónico.**

A continuación se describe paso a paso el desarrollo de esta propuesta, que fue realizada en las instalaciones de la Sede Central de la Universidad Técnica Nacional, Alajuela. Para ello, se contó con un invernadero que fue mejorado y acondicionamiento y cuyas dimensiones y características son las siguientes: invernadero tipo capilla de 5,25 metros de ancho por 12 metros de largo con una altura de 3,5 m de alto a la abertura cenital. Su cubierta superior es de plástico de uso agrícola transparente de 10 milésimas de grosor y con protección a radiación

ultravioleta, sus laterales están forrados con malla anti-insectos, hasta una altura de 2,5 metros. Posee una puerta de acceso de 0,8 metros, y el área total aprovechable es de 60 metros cuadrados. Su piso está cubierto por “ground cover” de color blanco, para mejorar las condiciones sanitarias y lumínicas internas.



Figura 1. Invernadero



Figura 2. Cobertura del piso

### 3.1 Estructuras de siembra

Consisten en estructuras de forma rectangular construida en madera (Reglas de 1.0 x 2.0 pulgadas.) de 0.80 mts de ancho, 0.40 mts de alto y de 8.0 mts de largo. La cual fue recubierta con láminas de estereofón de  $\frac{3}{4}$  de pulgada, ajustadas a las dimensiones de la estructura. Posteriormente se forraron con plástico negro para impermeabilizar el sistema evitando fugas de agua. El objetivo de estos recubrimientos es mantener lo más estable posible la temperatura interna, en los canales de cultivo, evitando las variaciones bruscas que puedan afectar el desarrollo y crecimiento radical.



Figura 3. Construcción de canal de cultivo



Figura 4. Canal recubierto

### 3.2 Drenaje

A efectos de recoger la solución nutritiva se colocó un drenaje que conecta a un tubo de desagüe que permite la recolección de la solución y regresarla al tanque de almacenamiento para la recirculación.



Figura 5. Drenaje

### 3.3 Tanque de almacenamiento

El tanque donde se mantiene la solución nutritiva debe de ser de plástico o de otro material siempre y cuando no genere alteraciones de la solución nutritiva, ya que por su composición química puede reaccionar al contacto directo con diversos materiales. No es recomendable el uso de recipientes metálicos para el almacenamiento de las soluciones nutritivas. El tanque utilizado en esta experiencia fue de plástico de 450 litros

El tanque debe estar colocado bajo la superficie del suelo, para permitir la recolección del agua de drenaje de las camas de cultivo por gravedad. Es recomendable dejar al menos 0.50 mts. de caída libre para generar turbulencia y con ello facilitar la oxigenación del agua en el tanque (Resh, 2001).



Figura 6. Tanque de almacenamiento de solución nutritiva

### 3.4 Bomba de riego

La bomba utilizada fue de 1 Hp con tanque hidroneumático con salida de 1 pulgada. Se le instaló un manómetro para mantener la presión constante del sistema en 25 PSI.



Figura 7. Bomba para riego



Figura 8. Manómetro

### 3.5 Tuberías y filtros

La tubería de distribución de la solución nutritiva a los canales de cultivo, es de una pulgada de diámetro. A partir de esta, se derivan para cada canal de cultivo una tubería de  $\frac{1}{2}$  pulgada de diámetro, que recorre el interior de la canaleta de un extremo a otro y que a la vez soporta los microaspersores para riego. Cada canaleta cuenta con un una llave de paso para individualizar su uso.

De vital importancia es la colocación de un filtro, cuya función principal es evitar el paso de partículas del tanque de almacenamiento hacia el sistema de riego y que puedan afectar la microaspersión, ya que el orificio de salida de este muy reducido.



Figura 9. Llave de paso individual



Figura 10. Filtro

### 3.6 Microaspersores

Los microaspersores utilizados tienen las siguientes características: descarga de 54 litros por hora, a una presión de 3.0 bares y con un radio de cobertura de 1.3 metros. La distancia entre microaspersores fue variable debido al sistema de construcción de las canales de cultivo, que dificultaron que fuese más homogénea. Se colocaron alternativamente entre 0.7 mts y 0.9 mts.

Es conveniente la revisión periódica de los microaspersores debido a la fácil obstrucción de estos. Para su limpieza se debe desarmar cuidadosamente y limpiar el orificio de salida empleando un material fino no abrasivo y con sumo cuidado remover las partículas que generan la obstrucción.



Figura 11. Microaspersores



Figura12. Microspersor funcionando

### 3.7 Ciclos de riego

Los ciclos de riegos deben ajustarse las condiciones climáticas de cada lugar, para esta experiencia la duración de cada ciclo fue de 30 segundos cada 10 minutos, durante todo el periodo de cultivo. Sin embargo es importante indicar que los ciclos de riego se pueden ajustar en periodos diferenciados durante el día y la noche, empleándose una menor frecuencia en la noche al tenerse una menor evapotranspiración en las plantas.

Para llevar control de los ciclos de riego, se utilizó un temporizador (timer) fabricado por estudiantes de la Carrera de Electrónica de la Universidad Técnica Nacional (UTN), con materiales reciclados. Sin embargo, es importante indicar que en el mercado se encuentran disponibles temporizadores que permiten diferentes opciones de programación, haciendo más eficiente el sistema de riego. Así mismo como parte del sistema se empleó una válvula solenoide para la apertura o cierre del flujo de agua según los ciclos de riego.



Figura 13. Temporizador (timer)



Figura 14. Válvula solenoide

### 3.8 Calidad del agua

Se recomienda el uso de aguas limpias de pozo o de cañería que no contengan sedimentos ni partículas que puedan obstruir los microaspersores y que tengan un pH cercano a 6.7

### 3.9 Sanidad del sistema

Al ser un sistema de recirculación, se debe ser muy riguroso en el orden y principalmente en el aseo, dada la fácil contaminación del sistema con microorganismos que pueden afectar el desarrollo del cultivo. Antes de la siembra es necesario la limpieza y desinfección total del sistema, para ello, se puede utilizar hipoclorito de sodio al 3% (cloro comercial) aplicado en forma de aspersión

en los canales de cultivo, láminas y reservorio de agua, luego se lava con agua limpia para eliminar los excesos de hipoclorito.

### 3.10 Siembra

Para la siembra del cultivo fueron utilizadas láminas de estereofón, las cuales se recortaron de acuerdo a las medidas de la estructura de siembra. Se recomienda que la lámina de estereofón tenga un grosor de 1.1/4 de pulgada para que soporte el peso del cultivo. En caso de que el cultivo por su peso tienda a doblar las láminas hacia el centro de la estructura, es conveniente colocar a lo largo o perpendicular a la misma, una regla o tubo que evite la deformación de la lámina, hacia el interior del canal de cultivo.

Las láminas de estereofón fueron perforadas de acuerdo a la distancia de siembra requerida por el cultivo, para ello, previamente se marcaron los sitios para la perforación. Posteriormente se perforaron utilizando una broca circular de 2 pulgadas que permitió, colocar la canastilla plástica que serviría de sostén a la planta. Estas canastillas son muy útiles y prácticas pues permiten la siembra y recolección del cultivo sin deterioro de la lámina de estereofón.



Figura 15. Canastilla plástica



Figura 16. Ubicación en canastilla

### 3.11 Cultivo

A efectos de probar el sistema y validar la propuesta tecnológica, se utilizó como cultivo plantas de lechuga (*Lactuca sativa ssp*), listas para trasplante, y de aproximadamente 20 días de desarrollo. No se realizó lavado de las raíces de las plántulas, sino que fueron colocadas en las canastillas y sujetadas a su alrededor con un trozo de espuma de uretano, para brindarle estabilidad y a la vez que la espuma fuera reservorio de agua para las etapas iniciales de desarrollo.



Figura 17. Almácigo de lechuga



Figura 18. Siembra de lechuga

### 3.12 Solución nutritiva

La solución nutritiva fue suministrada mediante el sistema de riego en periodos de 30 segundos cada 10 minutos, durante las 24 horas. El sobrante de la solución nutritiva se recogió mediante tubería de PVC de 2 pulgadas y fue conducido hasta el tanque de almacenamiento para ser compensada y reutilizada.

Para garantizar la estabilidad y calidad de la solución nutritiva, es necesario monitorear su estado, en lo referente al nivel de pH, y conductividad eléctrica (CE), para ello se deben realizar verificaciones diarias de estos parámetros para mantenerlos estables durante el ciclo de cultivo.

La solución nutritiva a utilizada fue la referida por el Centro de Investigación en Hidroponía y Nutrición Mineral de La Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú, que se describe a continuación:

**Cuadro 1. Concentración de la solución nutritiva. Solución hidropónica La Molina.**

Elemento	Concentración	Elemento	Concentración
Potasio	200 ppm	Hierro	1.00 ppm
Nitrógeno	190 ppm	Manganeso	0.50 ppm
Calcio	150 ppm	Boro	0.50 ppm
Azufre	70 ppm	Zinc	0.15 ppm
Magnesio	45 ppm	Cobre	0.10 ppm
Fósforo	35 ppm	Molibdeno	0.05 ppm

Fuente. Rodríguez, A. Soluciones nutritivas en hidroponía. 2001.

**3.2 Sistema novedoso**

Como sistema de producción novedoso, buscar ofrecer una alternativa a la producción tradicional de hortalizas de hoja, así como:

- Integración de conceptos relacionados con la gestión ambiental y desarrollo sostenible.
- Protección del recurso agua y generación de una conciencia ambiental.
- Ofrecer una novedosa alternativa de producción que permita mejorar los procesos técnico productivo, aportar alimentos sanos y con un menor

impacto.

- Contribuir al desarrollo de procesos de innovativos para la mejora de la seguridad alimentaria, con un uso más eficiente de los recursos.
- Transferencia tecnológica a la sociedad.

### **3.3 Ventajas ambientales del sistema**

Esta propuesta contiene insumos de potencial impacto en el ámbito de apoyo a la sostenibilidad ambiental. Entre ellos:

- Utilización de tecnología, con posibilidad de fijar carbono,
- Evitación de lixiviados que normalmente se emiten hacia el ambiente,
- Reducción en el uso de agua (hasta de 85 %),
- Activación potencial de áreas no agrícolas para cultivo en aeroponía,
- Inclusión de elementos de mejoramiento, como canalización de aguas llovidas y reciclaje de plásticos,
- Posibilidad de propiciar el uso de algunos materiales/equipos con base en polímeros reciclados,
- Posibilidad de uso de agua cosechada,
- Utilización de espacios diversos para la producción.

### **4.0 CONCLUSIONES**

- La experiencia realizada, permitió la validación de la técnica aeropónica como alternativa viable para la producción de lechuga.
- Se obtuvo una línea base para el desarrollo de nuevos procesos investigativos.

- El sistema aeropónico demanda conocimientos previos aunque básicos, sobre cultivos hidropónicos.
- Es un sistema dependiente de la energía eléctrica, por ello es indispensable su ubicación donde esta sea estable.
- El desarrollo de este proyecto y la experiencia generada durante la maestría en Gestión ambiental y Desarrollo sostenible, permiten la interrelación de conceptos y saberes en aras de la protección de los recursos y en la generación de una conciencia ambiental.

## **RECOMENDACIONES**

- Validar la técnica de producción con otros tipos de cultivos.
- Continuar con el desarrollo de la investigación considerando diferentes opciones de manejo y producción.
- Los conceptos de gestión ambiental y desarrollo sostenible, deben estar inmersos en todo proceso de transferencia.
- Se pretende que esta experiencia sea replicable y que sirva de modelo productivo, donde impere la conciencia por la protección de los recursos ambientales y el deseo de hacer bien las cosas por el bien común.

## 5.0 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Brajovic, G. (2012). *La aeroponía*. Recuperado de : <http://www.hidroponic.cl/la-aeroponia/> Ventajas y desventajas de la aeroponía.

DACC07. (2009). *Producción de semillas de papas nativas por aeroponía*. Agro Enfoque, 23(164), 12-14. Recuperado de: [10equipo11.blogspot.com/2011/10/aeroponia-continuacion.html](http://10equipo11.blogspot.com/2011/10/aeroponia-continuacion.html)

Global Water Partenership. (2013). *El agua y la seguridad alimentaria. Tecnologías para el uso sostenible del agua*. Una contribución a la seguridad alimentaria y la adaptación al cambio climático. Tegucigalpa, Honduras

Licea, I. (2012). *Efecto de la solución nutritiva en el rendimiento de la lechuga (Lactuca sativa L.) en dos sistemas hidropónicos: camas flotantes y aeroponía*. Tesis. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1997). *La huerta hidropónica popular*. Oficina Regional para América y el Caribe, 2da edición, Santiago de Chile.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, (2002) *Agricultura Mundial: hacia 2015-2030*. Agua y cultivos, Roma.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2013) *Afrontar la escasez de agua. Un marco de acción para la agricultura. y la seguridad alimentaria*. Roma.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (s.f) *El cambio climático, el agua, y la seguridad alimentaria*. Roma, Italia.

Ramírez, C. (2011). *Crecimiento y productividad del tomate (Lycopersicon esculentum Mill) bajo cultivo protegido hidropónico en tres localidades de Costa Rica*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Ramírez, C; Nienhuis, J. (2012). *Cultivo protegido de hortalizas en Costa Rica. Tecnología en Marcha*. Vol. 25, Nº 2. Abril-Junio 2012. Pág 10-20.

Resh, H. (2011). *Cultivos hidropónicos*, Ediciones Mundi Prensa, 5ta edición, España.

Rodríguez, A., Hoyos, M. & Chang, M. (2001). *Soluciones nutritivas en hidroponía*. Universidad Agraria La Molina. 1° edición, Lima, Perú.

Sánchez, S. (2004). *Cultivo de lechuga en condiciones hidropónicas*. Proyecto de desarrollo predial. Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología. San José, Costa Rica.

Vélez, E. 2012. *Aerponía, cultivo del futuro*. Recuperado de:  
[edwinveleztecnologia.blogspot.com/2012/06/aerponia-cultivo-del-futuro.html](http://edwinveleztecnologia.blogspot.com/2012/06/aerponia-cultivo-del-futuro.html)

WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas). 2016. *Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2016: Agua y Empleo*. París, UNESCO.

## ANEXOS

### Sistema aeropónico en producción.



Figura 19. Canal de siembra desarrollo



Figura 20. Siete días de



Figura 21. Desarrollo radicular



Figura 22. Diez días de desarrollo



Figura 23. Sanidad de raíces



Figura 24. Desarrollo foliar