

PROYECTO DE GRADO MONOGRAFIA

YURY DAYHANNA ROJAS CASTILLO

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA

ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE

PROGRAMA AGRONOMIA

IBAGUE, TOLIMA

2018

PROYECTO DE GRADO MONOGRAFIA

EVOLUCION DE LA AEROPONÍA EN COLOMBIA COMO INNOVACION AMBIENTAL  
Y SOSTENIBLE

YURY DAYHANNA ROJAS CASTILLO

Trabajo de grado presentado para optar el Título de Agrónomo

FRANCISCO JOSE MONTEALEGRE

ING.AGRONOMO

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA

ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE

PROGRAMA AGRONOMIA

IBAGUE, TOLIMA

2018

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

**Presidente del jurado**

---

---

---

**Jurado**

---

---

---

**Jurado**

---

---

---

## **DEDICATORIA**

A mi Madre Luz Dary Castillo, el mayor ejemplo de vida, perseverancia, esfuerzo y dedicación....

A mi Hijo Martín, mi motivo para seguir adelante...

A los profesionales que hacen que cada día la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), forme profesionales integrales y gracias a la educación a virtual permite que se cumplan sueños y se logren metas.

Al semillero SIART de la la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) sin su apoyo ING Elber Fernando Camelo esto no hubiera sido posible, igualmente al ING Francisco Montealegre por su acompañamiento y dedicación, mil y mil gracias.

A mis Compañeros de trabajo en Digitex y la Agencia de Desarrollo Rural que en momentos donde decaía me brindaron su apoyo.

Y a todos aquellos que fueron apoyo constante, y compañeros de viaje en este trayecto académico de mi vida, esto es también de ustedes....

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD, a su Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente - ECApMA, directores, docentes, administrativos y a todos aquellos que hicieron posible culminar este logro personal.

## 1. RESUMEN

La presente monografía tiene como objeto conocer la evolución de la Aeroponía por medio de la recopilación de documentos académicos que muestren su avance y la forma en la que se ha implementado en la agricultura colombiana como innovación ambiental y sostenible; la aeroponía es una metodología de producción de alimentos que permite cultivar sin suelo, mediante estructuras verticales u horizontales que permiten el desarrollo de la raíz libre y su nutrición depende de una solución acuosa que mezcla todos los elementos que la planta necesita para su óptimo desarrollo.

Como toda tecnología en fase de investigación y establecimiento tiene ventajas y desventajas, las ventajas ecológicas como la obtención de plantas saludables, ahorro del recurso hídrico, mayor densidad de siembra en menor espacio y número de cosechas al año ya que no depende del clima por el control de variables como temperatura, pH, Conductividad eléctrica, CO<sub>2</sub> entre otras por medio de la automatización en los invernaderos; entre sus desventajas están los costos iniciales de inversión que se deben calcular de forma precisa para su sostenimiento dependiendo el cultivo de uno a dos años; el mal uso de protocolos de inocuidad en la solución acuosa nutritiva; es indispensable el fluido constante de energía eléctrica ya que una falla en este puede acabar con el cultivo de forma inmediata.

En Colombia la transferencia de tecnología se encuentra en crecimiento y se hace necesario evolucionar y apoyar las investigaciones para nuevos sistemas de producción amigables con el medio ambiente; la Aeroponía ha logrado un avance en la producción de diferentes cultivos semillas de papa cilantro, lechuga, brócoli, pepino entre otros.

## 1.2 ABSTRACT

The purpose of this monograph is to learn about the evolution of Aeroponics through the compilation of academic documents that show its progress and the way in which it has been implemented in Colombian agriculture as an environmental and sustainable innovation; Aeroponics is a food production methodology that allows to grow without soil, through vertical or horizontal structures that allow the development of the free root and its nutrition depends on an aqueous solution that mixes all the elements that the plant needs for its optimal development.

As all technology in the research, experimentation and establishment stage has advantages and disadvantages, it should be mentioned that the Aeropónica has ecological advantages with the obtaining of healthy plants, saving of the water resource, greater density of sowing in smaller space, greater number of harvests at year since it does not depend on climate for the control of variables such as temperature, pH, electrical conductivity, CO<sub>2</sub> among others through automation in greenhouses but its main disadvantages are the initial investment costs, the misuse of safety protocols in the aqueous solution and a failure in the flow of electrical energy that must be permanent can end the crop immediately.

In Colombia, technology transfer is growing and it is necessary to evolve and support research for new production systems that are friendly to the environment; the Aeroponics has achieved an advance in the production of different crops of potato seeds cilantro, lettuce, broccoli, cucumber among others.

## INDICE GENERAL

1. RESUMEN .....	6
1.2 ABSTRACT .....	7
2. INTRODUCCIÓN .....	11
3. GENERALIDADES.....	12
3.1 Definición .....	12
3.2 Antecedentes .....	12
4. LA AEROPONIA EN COLOMBIA Y SU EVOLUCIÓN.....	16
4.1 Aeroponía Vertical Rotacional Antonio Rosas Roa.....	17
4.2 CORPOICA sede Tibaitata -Funza Cundinamarca.....	17
4.3 Aeropónicos de Colombia entidad pionera en producción aeropónica.....	19
4.4 Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.....	20
5. FACTORES IMPORTANTES EN EL ESTABLECIMIENTO DE UN CULTIVO AEROPÓNICO.....	21
5.1 Características de la solución nutritiva en un cultivo aeropónico.....	23
5.2 Proceso para la obtención de mini-tubérculos de papa por medio de aeroponía. ....	25
5.2.1 Costos de Producción de mini-tubérculos de papa.....	29
4.3 Producción del cultivo de Cilantro Aeropónico.....	32
6. CONCLUSIONES .....	35
7. REFERENCIAS .....	37

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Invernadero para cultivo de papa aeropónica Corpoica-Tibaitatá. Tomado de semillero SIART .....	17
Figura 2. Invernadero para cultivo de cilantro aeropónico. Aeropónicos de Colombia. Tomado de semillero SIART .....	19
Figura 3. Módulo de cultivo de semilla diacol Capiro papa aeropónica-Tibaitata. Tomado de semillero SIART semillero SIART.....	26
Figura 4. Módulos de cultivo de papa aeropónica-Tibaitata. Tomado de semillero SIART .....	26
Figura 5. Raíz desnuda de papa aeropónica-Tibaitata. Tomado de semillero SIART .....	27
Figura 6. mangueras de riego. Tomado de semillero SIART .....	27
Figura 7. mini-tubérculos de papa aeropónica. Tomado de Corpoica-Tibaitatá .....	28
Figura 8. Siembra de semilla de cilantro en sustrato de pino Padua. Aeropónicos de Colombia. Tomado de semillero SIART .....	33
Figura 9. Germinación de semilla de cilantro Aeropónico. Aeropónicos de Colombia. Tomado de semillero SIART .....	33
Figura 10. cilantro aeropónico de 3 a 5 días de germinación. Tomado de Aeropónicos de Colombia Invernadero para cultivo de cilantro aeropónico Invernadero para cultivo de cilantro aeropónico. Aeropónicos de Colombia. Tomado de semillero SIART .....	33

Figura 11 Cilantro aeropónico con 15 días de germinación trasplantado a los módulos de raíz libre. Tomado de Aeropónicos de Colombia. ....33

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro de costos fijos o de inversión para la producción de mini-tubérculos de papa mediante aeroponía. Fuente CIP-manual para la producción de la papa usando Aeroponía.....29

Tabla 2. Cuadro de costos variables o de operación para la producción de mini-tubérculos de papa mediante aeroponía. Fuente CIP-manual para la producción de la papa usando Aeroponía  
.....31

## 1. INTRODUCCIÓN

La aeroponía es un método de producción agrícola de cultivos sin suelo derivado de la hidroponía que se desarrolla como una tecnología innovadora; donde las raíces libres toman como sustrato una solución acuosa que aporta los nutrientes necesarios para el crecimiento óptimo de la planta, con una alta densidad de siembra reflejando un mayor rendimiento por m<sup>2</sup> y disminución en el uso del recurso hídrico convirtiéndose en una alternativa amigable con el medio ambiente

En el desarrollo de la tecnología aeropónica se han limitado el uso de agro insumos para el control de plagas y enfermedades, se debe tener en cuenta los protocolos de manejo de los invernaderos en cuanto a limpieza y desinfección, tanto del personal que manipula el cultivo, las herramientas y la solución acuosa compuesta por los nutrientes necesarios para el óptimo desarrollo de la planta, solo así es posible garantizar la inocuidad de la semilla para la producción de alimentos de alta calidad y de gran beneficio para la salud del consumidor.

En Colombia se han realizado estudios importantes en la metodología a través e instituciones como CORPOICA, Dr Antonio Rosas y Aeropónicos de Colombia , pero el acceso a la investigación es limitado o nulo, gran parte de la información se tomó de las visitas realizadas a través del semillero de investigación SIART perteneciente a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD que se encuentra adelantando un proyecto de investigación denominado “Prototipo automatizado de cultivo aeropónico para lechuga “*Lactuca Sativa*”, orégano “*Origanum Vulgare*” y arroz “*Oryza Sativa*””. - Fase 1.

## GENERALIDADES

### 3.1 Definición

El termino Aeroponía viene del griego “Aero” (Aire) y “Ponos” (Trabajo) siendo una rama de la hidroponía (trabajo en agua). El término significa “cultivar plantas sin tierra, al suministrar con el agua la cantidad mínima de alimento necesario para desarrollar cultivos sanos y altamente productivos en menores espacios” (Alpizar L., 2004).

Inicialmente en la tecnología aeropónica la germinación de la semilla se realiza mediante un sustrato y posteriormente se trasplanta a estructuras diseñadas de forma horizontal y/o vertical donde la raíz desnuda por medio de un sistema controlado y monitoreado de micro-nebulización, aspersión toma los nutrientes necesarios para su optimo crecimiento y desarrollo. (Stoner, R.J. and J.M. Clawson 1997-1998).

Esta metodología se establece bajo invernadero por medio de condiciones semi-artificiales muy similares a la de los cultivos hidropónicos , donde se integra la automatización y la electrónica que permiten monitorear variables como: humedad, temperatura, pH, iluminación, CO<sub>2</sub>, conductividad eléctrica entre otras generando múltiples ventajas para el cultivo en reducción de espacio, aprovechamiento del recurso hídrico, manejo integrado de plagas y enfermedades, reducción en el uso de agroquímicos de control obteniendo una producción limpia y amigable con el medio ambiente. Jiménez, J. (2015).

### 3.2 Antecedentes

Desde los años 1699 el investigador Woodward fue el primero que experimentó con plantas en medio acuoso usando recipientes con diferente cantidad de suelos disueltos, creando

sin saberlo una solución nutritiva que permitía el crecimiento de las plantas, pero no se establecieron los elementos que permitían el desarrollo debido a los bajos conocimientos en química de la época. Stanhill, G., & Vaadia, Y. (1967).

Para el año de 1860 el químico alemán Sanch publicó la primera fórmula con una solución nutritiva estándar llamada “*nutricultura*”, técnica que estudia los macronutrientes (Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Azufre, Calcio, magnesio) que permitía el desarrollo de plantas en medio acuoso. Longar Blanco, M. D. P., Pérez Hernández, M. D. P. M., & Ríos Martínez, E. (2013)

En 1928 El primer sistema aeropónico fue desarrollado por el Dr. Franco Massantini en la universidad de pía Italia (Durán, Martínez, & Navas, 2000), este sistema es conocido como “columnas de cultivo” implementado en un cilindro de PVC en posición vertical con perforaciones laterales donde se introducen las plantas dejando el cuerpo descubierto al exterior y la raíz en el tubo, estas plantas crecen en la oscuridad pero se encuentran expuestas al aire, en el interior del tubo se riega con una solución nutritiva mediante técnicas de pulverización o nebulización.

Las primeras investigaciones referentes a la aeroponía se describieron y plantearon por el científico W.A Carter (1942) en su libro: “A method of growing plants in water vapor to facilitate examination of roots”, en el cual expone una teoría referente al crecimiento de plantas en un entorno aéreo y define un método para facilitar el estudio de las raíces de las plantas en vapor de agua. Nir, I. (1981, August).

A comienzos de la década de 1980 el doctor Hillel Sofer investigador principal del Instituto Volcani en Ein Gedi desarrolla un método de cultivo cuyo fin era superar las

condiciones áridas y calientes en Ein Gedi. Durante un período de 2 años (1986-1988) el doctor Sofer usa el llamado cultivo Aero-hidropónico en el cual cuantificó el efecto de los diversos niveles de oxígeno en el crecimiento de la raíz y en la reproducción de plantas. Sus hallazgos fueron publicados en la revista de la Sociedad Americana de Ciencias Hortícolas. Soffer, H., y Levinger, D. (1980).

En 1992 (Amiel G. Jarstfer & David M. Sylvia) realiza la investigación sobre “La producción y uso de inóculos cultivados aeropónicamente de hongos VAM en el vivero de plantas nativas” con el uso de micorrizas arbusculares (VAM) en las raíces de las plantas en sistemas aeropónicos obteniendo como resultado mayor absorción de fosforo y otros nutrientes con baja movilidad además de mayor tolerancia a estrés hídrico; con el uso de sistemas de nebulización o micro-nebulización la nutrición es uniforme para cada una de las plantas, logrando abarcar las raíces al hacer una dispersión continua.

Martin-Laurent, F., Lee, S. K., Tham, F. Y., He, J., Diem, H. G., & Durand, P. (1997). “Un nuevo enfoque para mejorar el crecimiento y nodulación de *Acacia mangium* través de los cultivos aeropónicos” se establece un sistema aeropónico construido con poliestireno espuma donde los nutrientes son esparcidos por nebulización a la raíz con microgotas de 300 a 500  $\mu m$  siendo recirculable con mayor aprovechamiento del recurso hídrico.

Otazu y Chiquillanqui (2007), evaluaron un sistema aeropónico adaptado para la producción de semilla pre-básica de bajo costo. Probaron el sistema adaptado en 3 cultivares peruanos usando equipos y materiales simples con el fin de solucionar el problema de esterilización de sustratos y poder bajar los costes de producción.

Según Otazu (2010), indica que, en Corea y China, inicia la producción comercial en masa de semilla de papa (*Solanum tuberosum*) de calidad usando aeroponía. Esta tecnología viene usándose de forma exitosa en el área centro-andina de Sudamérica desde 2006. En la actualidad se desarrolla el cultivo aeropónico de papa en Kenya, Malawi, Mongolia, Ecuador, Colombia y Bolivia.

Según Cambeye (2010), en Ecuador se realizó la evaluación de soluciones nutritivas para la producción de semilla pre-básica de papa bajo el sistema aeropónico” con el objetivo de evaluar tres soluciones nutritivas en la producción del tubérculo. Donde se obtuvo un promedio de 94 tubérculos/planta y un promedio de 2001 tubérculos/m<sup>2</sup>

Según un estudio desarrollado por la CIP (Centro internacional de la papa), la técnica de cultivo aeropónico es eficiente para producir mini-tubérculos de papa, ya que permite reducir los costos de producción, aumentar la tasa de multiplicación por planta, y suprimir el uso de sustratos sólidos. Con el método tradicional se obtienen de 8 a 12 mini-tubérculos por planta, con la aeroponía se consiguen de 60 a 70 mini-tubérculos por planta. Especialistas del CIP afirmaron que trabajan con este sistema en países como Kenya, Malawi, Mongolia, Ecuador, Colombia y Bolivia con resultados similares. Carranza (2011) Lima 21 febrero (Agraria.pe)

Fuentes Guerra (2013) Desarrolla el diseño de un dispositivo ultrasónico aplicado a la aeroponía. Tal dispositivo se calibra a una frecuencia de 1.7 Mhz para hacer nebulizar el agua y mantener irrigadas las hortalizas. El sistema cuenta con un sistema de control usando una placa Arduino UNO y un sensor de humedad y temperatura. De la investigación resultó que este sistema permite reducir el tiempo de producción de las hortalizas (como lechuga) de 40 días (en sistema hidropónico) a 28 días en sistema aeropónico obteniéndose hasta 13 cosechas por año.

Portilla Guzmán (2016) desarrolla e implementa un sistema de control para cultivos aeropónicos usando plataformas electrónicas de Arduino. Logra automatizar el huerto doméstico satisfaciendo así las necesidades de luz y riego para las plantas. Para el caso de la luz se aplica iluminación mediante un panel led. Se evidencian beneficios tales como cultivos libres de plagas y crecimiento acelerado de las plantas.

Saquina Chango (2012), estudiante de ingeniería agrónoma de la universidad técnica de Ambato-Ecuador implementa la aplicación del abono orgánico Biol 60% de K (potasio) en cultivos aeropónicos de papa variedad Superchola. Reportando mayor crecimiento y desarrollo de las plantas y mejoras en la producción de los tubérculos. Entre otras cosas también se obtuvieron mejoras en la altura de la planta y en el tiempo de cosecha.

En 2015, el CIP en Perú, en alianza con socios nacionales, da a conocer el manual para la producción de semilla usando Aeroponía, en conjunto con CORPOICA en **Colombia** e INIAP en Ecuador. Andrade Piedra, J.L.; Kromann, P.; Otazu, V. (eds.). 2015

#### **4. LA AEROPONIA EN COLOMBIA Y SU EVOLUCIÓN**

En Colombia, la investigación y la implementación de cultivos Aeropónicos, se encuentra en objeto de estudio por universidades, empresas privadas y corporaciones públicas que han destinado recursos para establecer invernaderos con condiciones favorables para el desarrollo de esta tecnología teniendo en cuenta que las publicaciones, artículos científicos y otros documentos son de difícil acceso se obtiene información por medio de videos registrados y visitas donde se evidencia el desarrollo de procesos en hortalizas como lechuga y brócoli, hierbas aromáticas como el cilantro y una de las investigaciones más representativas es la producción de mini-tubérculos de papa como semilla de alta calidad.

En la actualidad se encuentran en Colombia los siguientes invernaderos Aeropónicos establecidos y en producción:

#### **4.1 Aeroponía Vertical Rotacional Antonio Rosas Roa**

El objeto principal de las diferentes técnicas implementadas por el Sr Antonio Rosas es contar con una agricultura limpia, estableciendo modelos que permitan mejorar la producción en calidad y cantidad de producto además de ser amigables con el medio ambiente usando de forma eficiente el recurso hídrico, la inocuidad del cultivo con plantas saludables limitando el uso de agroquímicos de control (plaguicidas, insecticidas, fungicidas) fomentando la agricultura urbana permitiendo cultivar alimentos en pequeños espacios que brindan nutrición y bienestar a la población.

#### **4.2 CORPOICA sede Tibaitata -Funza Cundinamarca**

La Producción de Mini-Tubérculos de Papa (*Solanum tuberosum*) por medio de la tecnología Aeropónica es un sistema novedoso traído a Colombia por el CIP (Centro Internacional de la Papa), tomando como referente los invernaderos ya establecidos en Perú y viabilizando su éxito CORPOICA decide iniciar estudios de investigación en la producción en laboratorio de plántulas de papa.



Figura 1. Invernadero para cultivo de papa aeropónica Corpoica-Tibaitatá. Tomado de semillero SIART

El objeto principal es el de entregar semilla de alta calidad a las asociaciones vinculadas, sembrando variedades que se manejen en la zona por ejemplo: Parda pastusa, suprema, superior, roja Nariño, ICA única, tocarreña entre otras teniendo diferentes opciones con el fin de dar cobertura a los productores beneficiarios; el centro de investigación proporciona semilla de alta calidad e inocuidad para cinco departamentos paperos en Colombia como: Boyacá, Cundinamarca, Nariño, Antioquia y Santander.

La importancia de la calidad de la semilla en el cultivo de papa define su rendimiento, conserva su variabilidad genética y provee de alimentos a la población ayudando a la sostenibilidad y sustentabilidad del territorio; La semilla de calidad debe contener unas características como pureza física y genética, sanidad, estado fisiológico que aseguren la inocuidad y la sanidad vegetal del cultivo.

En Colombia se encuentran sembradas 165.733 Ha de papa (DANE boletín ENA 2015) pero solo un 5% cuenta con semilla certificada que solo es manejada por las industrias; con la implementación de esta nueva metodología se quiere crear conciencia a los agricultores para que dejen de lado las semillas envejecidas, el establecimiento de monocultivos, semilla sin control fitosanitario, cruces entre variedades, al no realizar una limpieza adecuada al terreno quedando “TOYAS” que a su vez forma hospederos permitiendo la proliferación de plagas como babosa (*Deroceras* sp), pulguilla (*Epitrix* spp), polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*), gusano blanco (*Premnotrypes vorax*), también hongos como (*Phytophthora infestans*), *Alternaria*, *spongospora* entre otros que a través del suelo ocasiona daños y pérdidas al productor, es allí donde la aeroponía al no necesitar del suelo como fuente de nutrición y sustrato de las plantas es una alternativa importante asegurando la inocuidad del cultivo y el rendimiento en la producción.

### 4.3 Aeropónicos de Colombia entidad pionera en producción aeropónica

La producción de hierbas aromáticas y hortalizas frescas ha permitido a aeropónicos de Colombia innovar en el desarrollo de esta tecnología obteniendo cultivos de excelente calidad, conservando su inocuidad y aumentando la productividad en plantas con mayores rendimientos por cosecha.

El invernadero se encuentra establecido en el municipio de la Estrella-Antioquia con el cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum*) por medio de camas horizontales rectangulares cubiertas por un icopor de 1 mts de ancho por 1,20 mts de largo, este se utiliza por su facilidad de manipulación, el color blanco permite que las plantas reciban mayor radiación reflejándose en el envés donde hay mayor cantidad de estomas permitiendo mayor absorción de energía, mejorando el proceso de fotosíntesis y en cuanto al manejo de temperatura al interior de la cama es menor entre 1 y 3 grados a la del ambiente; La estructura en su parte inferior cuenta con un plástico negro que protege la raíz de la luz del sol, es de fácil limpieza y recoge la solución nutritiva sobrante que a través de un sistema de recirculación llega nuevamente al tanque de almacenamiento.



Figura 2. Invernadero para cultivo de cilantro aeropónico. Aeropónicos de Colombia. Tomado de semillero SIART

#### 4.4 Universidad Nacional de Colombia sede Medellín

La facultad de Ingeniería Agronómica de la UNAL sede Medellín ha adelantado estudios de Aeroponía en la producción de pepino (*Cucumis sativus* L.), allí se encuentra establecido un invernadero, pero no se encuentra en funcionamiento por falta de recursos situación que ocasiona que los proyectos se detengan y no se puedan concluir investigaciones importantes en esta tecnología innovadora.

Una de las investigaciones relevantes de la UNAL “*Acumulación de Grados-Día en un Cultivo de Pepino (Cucumis sativus L.) en un Modelo de Producción Aeropónico*” donde se estudiaron variables fenométricas que inciden en cuanto a producción y eficiencia de cultivo, mediante la observación en el rendimiento y la calidad de los pepinos, para ello se utilizaron dos híbridos comerciales de pepino cohombro (Dasher II y Poinsett 76) para consumo en fresco con dos periodos de riego (30s y 60s) y tres soluciones nutritivas (Hoagland y Arnon; Aeropónicos 50% Aeropónicos 100%), bajo condiciones de aeroponía, durante la aplicación de los tratamientos se concluyó que el nivel de aspersion de 30s a 60s no tienen una influencia significativa por lo tanto la reducción a 30s genera un ahorro en energía, solución nutritiva y recurso hídrico, para las soluciones nutritivas Hoagland y Arnon y Aeropónicos 100% no presento diferencias significativa en relación a los parámetros de crecimiento, en cuanto a la solución Aeropónicos 50% presento disminución en las variables evaluadas a diferencia de la aplicación nutritiva proporcionada por Aeropónicos completa se logró obtener pepinos de peso promedio del fruto por planta.

## **5. FACTORES IMPORTANTES EN EL ESTABLECIMIENTO DE UN CULTIVO AEROPÓNICO**

La aeroponía vertical rotacional es un sistema de raíces libres con una solución acuosa rica en nutrientes que aporta a la planta las cantidades necesarias para un crecimiento óptimo y gracias a su inocuidad el cultivo está aislado de agentes patógenos que generan enfermedades disminuyendo la producción; el medio en el que se inicia la germinación cuenta con un sustrato con características importantes que permiten el desarrollo de la semilla entre ellas cabe mencionar:

- Gravilla o piedra de Rio pasando por un proceso de desinfección y lavado, aunque no cuenta con buena retención de agua aumento de la intensidad de riego en tiempo.
- Arena de Rio Lavada: cuenta con unas características óptimas para el desarrollo de la planta, aunque eleva los costos de producción.
- Escoria de carbón Mineral: tiene buena retención de humedad se utiliza con una mezcla de cascarilla de arroz aprox. un 70%, puede producir encharcamiento.
- Cascarilla de Arroz: recomendada, sus ventajas y características además de las propiedades físicas permiten buen desarrollo del cultivo por su baja tasa de descomposición, liviana, inerte, bajo costo, buen drenaje, alta aireación, baja retención de humedad siendo uno de los más utilizados en este tipo de sistemas.

La selección de la semilla es fundamental para lograr el éxito en la producción ya que allí se forma la raíz, el tallo y hojas embrionarias, en este proceso la semilla pasa por dos estados:

- Estacionada: es donde el proceso de germinación se detiene conocido también como “Dormancia”.

- Germinación o Latencia: proceso dado en condiciones adecuadas de humedad, temperatura y oscuridad.

Paso seguido la semilla ya germinada cuenta con una raíz llamada también “radícula” y un tallo aguzado o “plúmula” (yema que se encuentra al lado opuesto a la radícula) , se debe tener en cuenta que cada clase de semilla tiene necesidades específicas de luz, agua, aire y reservas alimenticias suministradas por cotiledones.

Los semilleros para el desarrollo óptimo de la planta utilizan dos sistemas:

- Espuma de poliuretano: espuma de 3 cm de espesor, en cubos de 3x3 cm donde se hace una incisión en la mitad, se humedece y se coloca la semilla este sistema se utiliza para el cultivo de raíz flotante que se deposita en una bandeja plástica inclinada donde se suministra agua hasta cubrir la espuma, al día siguiente se drena el agua, se cubre la bandeja y se deposita en un lugar abrigado y separado del frío y sol. El tiempo de germinación es aprox. de 6 a 15 días y depende de la calidad de la semilla y la temperatura del ambiente. Cuando la germinación ha terminado los cotiledones han salido del forro de la semilla se trasplanta a una rejilla de soporte dejando un espacio por medio, cuando la plántula ha obtenido dos hojas verdaderas a los 12 días en clima cálido y 20 días en clima frío se agrega una pequeña cantidad de solución nutritiva. Cuando la plántula ha alcanzado una altura entre 12 y 18 cm se trasplanta a una lámina de icopor o plumavit, previamente perforada con un tubo caliente de una pulgada, a una distancia de 7 cm y se pasa a flotar en una solución acuosa compuesta de elementos mayores y menores, finalmente la planta pasa a la etapa de cultivo definitivo donde una lámina de icopor perforada a

19 cm entre cada hueco, donde se dispone la plántula buscando una densidad de 31 plantas por M<sup>2</sup> para cosechas al año.

- **Bandejas de polietileno termo- formado:** tiene 200 cavidades que se llenan con turba previamente humedecida, se coloca una semilla en el centro de cada hueco con una profundidad de 0.5 cm aprox. Se cubre con un poco más de turba y se presiona ligeramente llevándola a un lugar de germinación con una temperatura promedio de 20°C y oscuro para el brote. A los 5 u 8 días que se observe el brote se traslada a un lugar donde se obtiene luz transversal o directa sin los rayos directos del sol. Cuando se obtienen dos hojas verdaderas se riega solamente con agua y luego una solución nutritiva a media concentración, cuando tiene una altura de 10 a 12 cm se trasplantan al sitio definitivo con las distancias correspondientes.

La variable de germinación aeropónica se asimila a la de la raíz flotante en su primera fase colocando las plántulas con la espuma en el momento del trasplante a la lámina de icopor obteniendo 31 cavidades/M<sup>2</sup> se colocan las plántulas en forma de capilla o pirámide suministrándole la solución nutritiva a la raíz de las plantas por medio de una bomba con nebulizador.

### **5.1 Características de la solución nutritiva en un cultivo aeropónico.**

Para el cultivo aeropónico se utiliza una mezcla de agua y fertilizantes suministrada a las plantas como fuente de alimento, estas soluciones se encuentran en el mercado a bajos costos proporcionando elementos mayores y menores por separado, es importante resaltar que estas soluciones pueden ser preparadas por el productor cuando los cultivos tienen un carácter industrial en cantidades considerables que justifiquen una alta inversión en materia prima para su preparación.

La formulación de la solución nutritiva debe ser exacta por ello se utiliza una balanza analítica, en el mercado se encuentran los nutrientes en forma sólida y es necesario disolverlas las cantidades en agua de buena calidad libre de agentes contaminantes.

La solución acuosa nutritiva contiene los nutrientes necesarios para el desarrollo óptimo de las raíces, tallos, bulbos, hojas, flores, frutos y semillas.

Las plantas a su vez toman elementos del aire y agua (carbono, hidrogeno, oxígeno) además del consumo intenso de otros elementos como el Nitrógeno, Fosforo y potasio (Elementos mayores), en cantidad intermedia Azufre, Calcio y Magnesio y en pequeñas cantidades Hierro, magnesio, Cobre, Zinc, Boro y Molibdeno, además de otros elementos útiles mas no indispensables para la planta como el Silicio, Cloro, Cobalto, Yodo y Sodio.

De los 16 elementos químicos considerados necesarios para el desarrollo óptimo de las plantas 13 son nutrientes minerales que se encuentran de forma natural en el suelo siendo absorbido por las raíces, la deficiencia de uno de ellos limita el rendimiento y la productividad para el agricultor.

Los nutrientes se clasifican en tres grupos:

- Elementos mayores: Nitrógeno, Fosforo y Potasio, nutrientes que la planta necesita en grandes cantidades que el suelo no puede suministrarlos en su totalidad.
- Elementos secundarios: Calcio, Azufre y Magnesio se consume en cantidades intermedias, pero son importantes para la constitución de organismos vegetales.
- Elementos Menores: Cobre, Boro, Hierro, Manganeso, Zinc, Molibdeno y cloro, las plantas lo necesitan en pequeñas cantidades, pero regulan la asimilación de otros elementos nutritivos su función radica especialmente en los niveles enzimáticos si esta no

es controlada en la solución nutritiva las plantas no producirían o la cosecha sería de mala calidad.

## **5.2 Proceso para la obtención de mini-tubérculos de papa por medio de aeroponía.**

Esta tecnología permite asegurar la inocuidad de semilla en genética y Fitosanidad; el proceso para la obtención de semilla de papa de alta calidad inicia en el laboratorio de micro propagación por medio de la técnica de cultivo de meristemas (conjunto de células que permiten dar origen a una nueva planta conservando las características genéticas de la planta origen), los mini- tubérculos que ingresan al laboratorio pasan por un sistema de trazabilidad, donde se lleva el seguimiento a las características de la planta que han sido seleccionada verificando que cumpla con las condiciones óptimas para que pueda ser replicada, se realizan pruebas de virus, análisis de enfermedades en el área de termoterapia que refleja aquel material que puede estar contaminado.

Cuando los materiales cumplen con el protocolo de inocuidad se traslada el meristemo a un medio de cultivo, estableciendo la plántula en el tubo de ensayo y pasadas unas semanas se realiza la micro propagación realizando cortes entre yemas y entre nudos paso seguido se lleva a otro medio de cultivo con soluciones nutritivas en bajas proporciones, después de 14 semanas se entrega al lote 65 área de invernaderos en tubos de ensayo o contenedores plásticos, se verifica que el material no se encuentre etiolado, vitrificado o con problemas de clorosis además que cuenten con características mínimas de 6 a 8 hojas en la planta con una longitud de 5 a 8 cm de longitud, que tenga un buen desarrollo radicular, se le retira el medio de cultivo por medio de un lavado en tinas con agua destilada, ya con raíz desnuda se procede a sembrar en bandejas de 140 alveolos en una piscina de 2 mts largo X 1.20 ancho con una capacidad de 8 bandejas de 140 alveolos, pasados 15 días se trasplantan al invernadero de producción de semilla.



Figura 3. Módulo de cultivo de semilla diacol Capiro papa aeropónica-Tibaitata.  
Fuente semillero SIART adscrito a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

CORPOICA sede Tibaitata cuenta con una infraestructura tipo invernadero cuyas dimensiones son de 7 mts de frente X 35 mts de fondo con 20 estructuras modulares de siembra con capacidad de 120 plantas por modulo estableciendo una distancia de siembra de 20 cm entre planta;



Figura 4. Módulos de cultivo de papa aeropónica-Tibaitatá.  
Fuente semillero SIART adscrito a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Estos módulos están contruidos como cajones cerrados, en la superficie cubiertos con láminas de icopor y en la parte lateral un plástico negro que brinda oscuridad a la raíz conservando su temperatura optima la cual es medida de forma constante con termómetro; Cada módulo tiene dos líneas internas de riego con micro-nebulizadores donde se utiliza un sistema

de recirculación por medio de dos tanques con capacidad de 1000 lts de solución nutritiva, abasteciendo 10 módulos por tanque, su funcionamiento es independiente uno del otro, con su respectiva bomba de succión.



Figura 5 (izq.). Raíz desnuda de papa aeropónica-Tibaitatá. Figura 6 (der). mangueras de riego Fuente semillero SIART adscrito a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

La plántula toma la cantidad de nutrientes necesarios para su óptimo desarrollo y aquella que no es absorbida por las raíces retorna al tanque por medio de un desnivel que tienen los módulos a través de un sifón; El día quince (15) después del trasplante se suspende el riego durante media hora con el fin de extraer la solución sobrante que son de 300 a 400 lts aproximadamente, allí se puede evidenciar reducción del líquido por factores como: evaporación, escapes y la toma de nutrientes por parte de la planta; Paso seguido se realiza la desinfección del tanque para evitar la inclusión de patógenos que generen un daño en el sistema y se toman las muestras para el análisis de la sustancia nutritiva con el fin de evidenciar cualquier tipo de microorganismo o deficiencia que ponga en riesgo la totalidad de la producción.

Pasados tres meses se empiezan a cosechar aquellos mini-tubérculos que tengan como mínimo 3 cm de tamaño medidos con un pie de rey, se retiran sin dañar el estolón y se clasifican

por variedad, de aquí en adelante cada quince (15) días se cosechan aquellos que tienen la medida para ser extraídos y así hasta los seis (6) meses a seis (6) meses y medio (1/2) que la planta entra en senescencia en este periodo de tiempo se obtienen de 5 a 6 cosechas.



Figura 7 mini-tubérculos de papa aeropónica.  
Tomado de Corpoica-Tibaitatá

La clasificación de estos mini-tubérculos en el área de pos- cosecha se realiza de la siguiente manera:

- los que tienen 3 cm en adelante cumplen con el diámetro óptimo para su recolección se llevan a un cuarto frío a la espera a que se cumpla la cantidad adecuada para ser entregadas por el ICA quien hace el control al material inscrito es decir al momento de la siembra el material queda inscrito, se realiza un seguimiento periódico al proceso haciendo toma de folíolos para revisar las condiciones del este material, para su certificación.
- los menores a 3 cm se dejan hasta la siguiente cosecha.

- Después del proceso de selección por tamaño se realiza el empaque en costalillos o canastillas y se solicita inspección para que otorguen marbete de alta calidad, posterior a esto se procede a entregar a los agricultores semilla de alta calidad certificada.

### 5.2.1 Costos de Producción de mini-tubérculos de papa

<b>Cuadro de costos fijos o de inversión para la producción de mini-tubérculos de papa mediante aeroponía, en CIP-Huancayo (Perú) en un área efectiva de producción de 42 m<sup>2</sup></b>						
<b>Item</b>	<b>cantidad</b>	<b>precio unitario (USD)</b>	<b>precio (Total USD)</b>	<b>Años vida útil</b>	<b>campana por año</b>	<b>costo por campana (USD)</b>
<b>Infraestructura</b>						
<b>casa de malla</b>	1	4720	4720	7	1	674,3
<b>módulos de Aeroponía</b>	7	262	1834	7	1	262
<b>Sistema de riego</b>	1	380	380	7	1	54,3
<b>Caseta de máquinas</b>	1	330	380	7	1	47,1
<b>Cabezal de Riesgo</b>	1	1121	1121	7	1	160,1
<b>Instalación</b>	1	682	682	7	1	97,4
<b>Equipos</b>						
<b>Sensores de CE°, Ph</b>	1	177	177	7	1	25,3
<b>Sensores de T y HR</b>	1	177	177	7	1	25,3

<b>Aspersor de plaguicidas</b>	1	103	103	7	1	14,7
<b>Termómetro</b>	1	13	13	7	1	1,9
<b>materiales</b>						
<b>Malla sombreadora</b>	1	300	300	7	1	42,9
<b>Baldes</b>	1	6	6	7	1	0,9
<b>Probetas graduadas</b>	1	22	22	7	1	3,1
<b>Recipientes plásticos</b>	5	2	2	7	1	1,4
<b>Manguera</b>	1	17	17	7	1	2,4
<b>Piseta Plástica</b>	1	9	9	7	1	1,3
<b>Total Costos Fijos</b>						1414,4

Tabla 1. Cuadro de costos fijos o de inversión para la producción de mini-tubérculos de papa mediante aeroponía. Fuente CIP-manual para la producción de la papa usando Aeroponía.

**Cuadro de costos variables o de operación para la producción de mini-tubérculos de papa mediante aeroponía, en CIP-Huancayo (Perú) en un área efectiva de producción de 42 m<sup>2</sup>**

<b>Item</b>	<b>unidad</b>	<b>cantidad</b>	<b>valor unitario (USD)</b>	<b>Costo Campaña (USD)</b>
<b>Insumos</b>				
Plántulas in vitro	plantula	700	0,27	189
módulos de Aeroponía	varios	1	99	99
Sistema de riego	varios	1	157	157
Caseta de máquinas	varios	1	17	17
Cabezal de Riesgo	varios	1	15	15
Instalación	varios	1	102	102
<b>Servicios</b>				
Energía eléctrica	consumo	1	186	186
Agua	consumo	1	36	36
Diagnóstico de virus	prueba	30	2	60
Diagnóstico de Agua	prueba	1	17	17
Diagnóstico Foliar	prueba	1	33	33
Mantenimiento de equipos	servicio	3	28	84
Mantenimiento de infraestructura	servicio	3	28	84

<b>Personal</b>				
Técnico de implementación	persona	25% en 6 meses	1100 por mes	1650
Operario	persona	60% en 6 meses	310 por mes	1116
<b>Total Costos Variables</b>	3845			

Tabla 2. Cuadro de costos variables o de operación para la producción de mini-tubérculos de papa mediante aeroponía. Fuente CIP-manual para la producción de la papa usando Aeroponía.

- a) Los costos fijos o de inversión en pesos colombianos equivale aproximadamente a 4.022.000.
- b) El costo variable en pesos colombianos equivale aproximadamente a 10.932.000.

La aeroponía se encuentra en fase de investigación y adaptación en diferentes lugares del mundo de ahí que el valor varia en costos de implementación, el más cercano a Colombia es el de CIP en Perú de donde inicialmente se propuso la idea y con quienes se articula para el desarrollo del sistema que produciría una rentabilidad del 40% con una producción de 45 mini-tubérculos de papa para semilla de alta calidad, en Colombia se compra aproximadamente a \$ 3000 pesos cada uno y ya dependiendo de la cantidad de camas montadas se puede obtener un resultado con precisión.

#### **4.3 Producción del cultivo de Cilantro Aeropónico**

En la primera cama se establece con copas germinadoras de color negro en un sustrato de pino Padua protegido por una lámina de icopor para conservar la humedad, la germinación de la semilla depende del clima si la temperatura es baja su crecimiento es lento y viceversa y el sistema de riego utilizado para esta etapa es manual con el fin de controlar la cantidad de agua y evitar encharcamientos.



Figura 8 (izq) Siembra de semilla de cilantro en sustrato de pino Padua  
 Figura 9 (der) Germinación de semilla de cilantro Aeropónico.  
 Tomado de Aeropónicos de Colombia

Cuando la planta de cilantro se encuentra germinada se obtienen aproximadamente 400 plantas en etapa temprana que se preparan para ser trasplantadas a camas con una densidad de siembra menor aproximadamente 225 plantas en un espacio de 1 mts de ancho x 1,20 mts de largo debido a que las ramas y las hojas necesitan mayor espacio para el proceso de fotosíntesis y el desarrollo óptimo del cultivo.



Figura 10 (izq) cilantro aeropónico de 3 a 5 días de germinación. Figura 11(Der) Cilantro aeropónico con 15 días de germinación trasplantado a los módulos de raíz libre. Tomado de Aeropónicos de Colombia

Aeropónicos de Colombia como entidad pionera de el sistema de cultivar frutas, verduras y hortalizas en un ambiente aereo utilizando una minima cantidad de agua transmitiendo nutrientes por medio de un sistema de riego automatizado que controla variables importantes para el optimo desarrollo de la planta garantizando altos estandares de calidad y productividad.

El proceso de ensayo error en el que inicio Aeroponicos de Colombia a logrado establecer parametros que mejoran las condiciones en rendimiento y producción del cultivo de cilantro llevandolo a comercializar en grandes superficies.

La importancia de invertir en nuevos procesos menciona el Ing Hector Echavarria es lograr un avance significativo en la producción de alimentos limpios impulsando a los jovenes a adoptar tecnologias partiendo de los conocimientos basicos hacia la era digital, logrando asi que el productor rural sea eficiente y mejore su calidad de vida, que el habitante urbano se interese por la producción de alimentos sanos en sus viviendas y asi se mantega la seguridad alimentaria del territorio.

## 2. CONCLUSIONES

En Colombia el reto es adoptar las ofertas tecnológicas, que no solo se queden en procesos de investigación, esta afirmación va en concordancia con lo mencionado por el Gestor de innovación de Corpoica pues se deben plantear todas las posibilidades que permitan implementar sistemas innovadores logrando el desarrollo de una agricultura limpia que conserve los recursos naturales y que sea ambientalmente sostenible beneficiando a los productores rurales con la entrega de semillas de alta calidad que mejoren la calidad y rendimiento de los cultivos.

El éxito en la producción y evolución de la Aeroponía depende de las condiciones de inocuidad con las que cuente el invernadero según el manual de producción de semilla de papa usando Aeroponía y el CIP (centro Internacional de la Papa) la calidad de agua, los métodos de desinfección que utilice el personal para su ingreso y la manipulación del material vegetal son factores determinantes en el desarrollo del cultivo debido a que una falla en el sistema de riego, electricidad o el ingreso de un patógeno puede ocasionar la pérdida total de la producción.

La implementación inicial del sistema Aeroónico es costosa por ello es importante que los productores o empresas evalúen la inversión y cuenten con capital suficiente para el sostenimiento por lo menos 2 años dependiendo el cultivo, cabe resaltar que luego sus rendimientos superan ampliamente los de un cultivo tradicional debido a que la mano de obra disminuye igual que el uso de agro-insumos de control, la cantidad de nutrientes, recurso hídrico y aumenta la densidad de siembra por M<sup>2</sup>.

La tecnología aeropónica que permite cultivar plantas sin suelo es una alternativa que controla la sanidad vegetal y la variabilidad genética produciendo semilla altamente certificada;

en el cultivo de papa las labores de preparación y la inocuidad utilizadas en suelo juegan un papel importante puesto que el manejo inadecuado permite la proliferación de plagas y enfermedades que limitan la producción ocasionando pérdidas para el agricultor.

La implementación de tecnologías innovadoras como la Aeroponía integra la automatización y la agricultura a través del control de variables como pH, luminosidad, temperatura y riego, factores importantes para el óptimo desarrollo de las plantas, mejorando así la calidad y el rendimiento de los cultivos.

La Tecnología en el campo de la agricultura mundial presenta un crecimiento acelerado es por esto que desde las universidades se deben empezar a adoptar mecanismos que promuevan el ánimo investigativo, un ejemplo de ello es La universidad Nacional de Colombia sede Medellín que cuenta con un invernadero con condiciones Aeropónicas en el que se han adelantado investigaciones en producción de pepino y la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD CEAD Ibagué en la implementación de cilantro.

## 7. REFERENCIAS

- Aeropónicos de Colombia (2015) <http://aeroponicos.com/>
- Alpízar Antillón, L. (2004). Hidroponía: Cultivo sin tierra: Elementos básicos para desarrollar la técnica simple de cultivar plantas sin tierra en pequeños espacios. Tecnología de Costa Rica
- Andrade Piedra, J.L.; Kromann, P.; Otazu, V. (eds.). 2015. Manual para la producción de semilla de papa usando aeroponía: diez años de experiencias en Colombia, Ecuador y Perú. Quito (Ecuador). Centro Internacional de la Papa (CIP), Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). ISBN 978-92-9060-455-6. 267 p.
- Antonio R. [TV Agro]. (2016 julio 11) Antonio rosas roa en Tv Agro [archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=J0ZjRNDWUhc>
- Chango, S., & Jackeline, S. (2012). Producción de tubérculo semilla de papa (*Solanum tuberosum*), categoría prebásica utilizando Biol en un sistema aeropónico en el cantón mejía, provincia de pichincha (Bachelor's thesis).
- DANE boletín ENA 2015// recuperado de [http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/2015/boletin\\_ena\\_2015.pdf](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/2015/boletin_ena_2015.pdf)

Dubián Hoyos García; Juan Gonzalo Morales Osorio; Héctor Chavarría Ardila; Montoya Ríos, Ana Paola; Guillermo Correa Londoño; et al. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín; Bogotá Tomo 65, N.º 1, (2012): 6389-6398.

Fuentes Guerra, M. P. (2013). Diseño de un dispositivo ultrasónico para el uso de aeroponía (Doctoral dissertation).

García, D. H., Osorio, J. G. M., Ardila, H. C., Ríos, A. P. M., Londoño, G. C., & Villegas, S. D. C. J. (2012). Acumulación de grados-día en un cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en un modelo de producción aeropónico. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 65(1), 6389.

Hernández, C. J. & Piñeros, J. S. (2013). Diseño de un prototipo de un sistema de producción tipo aeropónico.

JARSTFER, A.G.; SYLVIA, D.M. The production and use of aeroponically grown inocula of VAM fungi in the native plant nursery. Gainesville: University of Florida 1992.  
Recuperado de: <http://sites.psu.edu/dmsylviaweb/wp-content/uploads/sites/13993/2014/07/aeropon.pdf>

Jiménez, J. (2015). Invernadero automatizado para producción de semilla de papa bajo tres sistemas: Aeroponía, hidroponía y plantas madres-esquejes.

José M. Durán Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia Evaristo Martínez  
Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia Luis M. Navas Departamento de Ingeniería Rural. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid

Juan Gonzalo A. [TV Agro]. (2012 agosto 25) como hacer cultivos aeropónicos [archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=4T0JqjLeOTw>

Juan Gonzalo A. [TV Agro]. (2016 marzo 15) Cultivos aeropónicos - TV Agro por Juan Gonzalo Ángel [archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=bRBmeW7W6uc>

H. Echavarría; Aeropónicos de Colombia. comunicación personal mediante visita de semillero SIAT-UNAD CEAD-Ibagué, 02 de junio de 2017.

Lima 21 Febrero (Agraria.pe) recuperado de <http://agraria.pe/noticias/potencian-rendimientos-de-papa-en-africa-y-asia-122>

Longar Blanco, M. D. P., Pérez Hernández, M. D. P. M., & Ríos Martínez, E. (2013). El estado de técnica de la hidroponía. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(5), 803-809.

Martin-Laurent, F., Lee, S. K., Tham, F. Y., He, J., Diem, H. G., & Durand, P. (1997). A new approach to enhance growth and nodulation of *Acacia mangium* through aeroponic culture. *Biology and fertility of soils*, 25(1), 7-12

Martínez, E., Altisent, J. M. D., & Gracia, L. M. N. (2000). Los cultivos sin suelo: de la hidroponía a la aeroponía (I). *Vida rural*, (101), 40-43

Nir, I. (1981, August). Growing plants in aeroponics growth system. In *Symposium on Substrates in Horticulture other than Soils in Situ* 126 (pp. 435-448).

Otazú, V., & Chuquillanqui, C. (2007). Producción de papa de calidad por aeroponía. *Alternativas al Uso del Bromuro de Metilo para la Producción de Semilla de Papa de Calidad*, 35-45.

Otazú, V. (2010). Manual de producción de semilla de papa de calidad usando aeroponía. International Potato Center.

Pineda, D. F. T., Bastidas, P. A. B., Echeverría, C. D. M., Terán, W. G. M., Bolaños, C. A. V., & Morales, D. L. O. AUTOMATIZACIÓN DE UN INVERNADERO DE AEROPONÍA: ANÁLISIS DE APLICABILIDAD AUTOMATION OF AN AEROPONY GREENHOUSE: APPLICABILITY ANALYSIS.

Portilla Guzmán, P. J. (2016). Diseño y construcción de un sistema de automatización para huerto doméstico con tecnología aeropónica. 166 hojas. Quito: EPN

Ramiro G. [agricultura al día MADR]. 2017 agosto 17 Agricultura al Día - Aeroponía, investigaciones de Corpoica [ Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=9FwRuXnDgzE>.

Rosas, A. (2012). Agricultura Limpia. Bogotá D.C, Colombia: Mafpac Impresores.

Simplemente Hydro. Copyright 2008 recuperado de [http://www.simplyhydro.com/aero\\_hydro.htm](http://www.simplyhydro.com/aero_hydro.htm)

Soffer, H., y Levinger, D. (1980). El sistema Ein Gedi: investigación y desarrollo de un sistema hidropónico. En la Sociedad Internacional para la Cultura Sin Tierra: Actas, Quinto Congreso Internacional sobre Cultura Sin Tierra. (pp. 241-252). Secretaría, ISOSC ..

Stanhill, G., & Vaadia, Y. (1967). Factors affecting plant responses to soil water. Irrigation of Agricultural Lands, (irrigationofagr), 446-457

Stoner, R.J. and J.M. Clawson (1997-1998). A High Performance, Gravity Insensitive, Enclosed Aeroponic System for Food Production in Space. Principal Investigator, NASA SBIR NAS10-98030.

Sylvia, DM, y Jarstfer, AG (1992). Inóculos de raíz esquilada de hongos micorrízicos vesículo-arbusculares. *Microbiología aplicada y ambiental*, 58 (1), 229-232.

Terán, C., Marlene, J., Alvarado, S., Montesdeoca, F., & Andrade-Piedra, J. (2011). Evaluación de soluciones nutritivas para la producción de semilla prebásica de papa bajo el sistema aeropónico.