

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISION DE CARRERAS AGONOMICAS



Aerponía.

**PRESENTADO POR
EDUARDO ESQUIVEL CARDIEL**

MONOGRAFIA

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACIÓN**

TORREON, COAHUILA, MEXICO,

SEPTIEMBRE 2017

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

DIVISION DE CARRERAS AGONOMICAS

Aerponía.

PRESENTADO POR

EDUARDO ESQUIVEL CARDIEL

MONOGRAFIA

QUE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

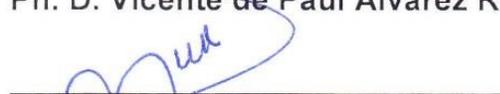
APROBADA POR:

PRESIDENTE



Ph. D. Vicente de Paul Álvarez Reyna

VOCAL



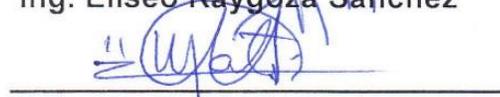
Ing. Juan Manuel Nava Santos

VOCAL

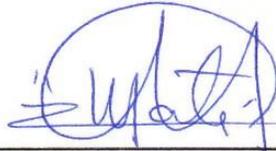


Ing. Eliseo Raygoza Sánchez

VOCAL SUPLENTE



M.E. Víctor Martínez Cueto



M.E. Víctor Martínez Cueto

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

SEPTIEMBRE DE 2017

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

DIVISION DE CARRERAS AGONOMICAS

Aeroponía.

PRESENTADO POR

EDUARDO ESQUIVEL CARDIEL

MONOGRAFIA

QUE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

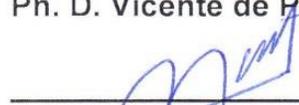
APROBADA POR:

ASESOR PRINCIPAL



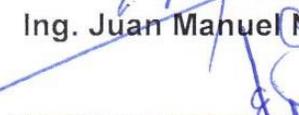
Ph. D. Vicente de Paul Álvarez Reyna

ASESOR



Ing. Juan Manuel Nava Santos

ASESOR

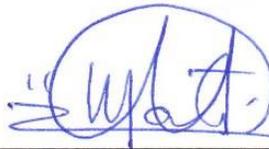


Ing. Eliseo Raygoza Sánchez

ASESOR



M.E. Víctor Martínez Cueto



M.E. Víctor Martínez Cueto



COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

SEPTIEMBRE DE 2017

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por permitirme llegar con vida y poder terminar mi licenciatura ya que es un paso importante en mi vida.

A mi "ALMA TERRA MATER"

Por la oportunidad que me brindo de formarme en profesionista.

Al Ph. D. Vicente de Paul Álvarez Reyna

Por su dedicación y gran apoyo en la elaboración y preparación de mi monografía.

A LOS PROFESORES DEL DEPARTAMENTO DE RIEGO

Gracias por brindarme de su amistad, apoyo, confianza y su sabiduría que me inspira seguir adelante para ejercer la profesión de Ing. Agrónomo en irrigación.

A LOS PROFESORES QUE REVISARON EL PRESENTE TRABAJO.

- Me. Víctor Martínez Cueto.
- Ing. Juan Manuel Nava Santos.
- Ing. Eliseo Raygoza Sánchez.

DEDICATORIAS

A MIS PADRES

María Cruz Cardiel y Esteban Esquivel gracias a mis padres por darme la vida, apoyarme, confiar en mí y hacer un esfuerzo para que pudiera tener un estudio que me permita ser alguien en la vida, gracias por pensar siempre en mi futuro.

A MI FAMILIA

Familia Esquivel y familia Cardiel Gracias por que siempre confiaron en mí, me apoyaron y siempre me animaron para seguir adelante.

INDICE

1. AGRADecIMIENTOS	I
2. DEDICATORIAS	II
3. RESUMEN.....	V
4. INTRODUCCIÓN.....	1
5. OBJETIVO	2
6. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
4.1 ¿Qué es la aeroponía?.....	3
4.2 Origen de la aeroponía.....	4
4.3 Como funciona la Aeroponía.....	5
4.4 Tipos de Aeroponía	5
4.4.1 Aeroponía de baja presión.....	5
4.4.2 Aeroponía de alta presión.....	6
4.5 La Aeroponía.....	7
4.6 Ventajas y desventajas de la Aeroponía	9
4.7 Ventajas Ecológicas	11
4.8 Aeroponía vertical Rotación Colombiana	11
4.9 Aeroponía en cultivo de papa.....	12
4.10 Aeroponía en cultivo de chile	13
4.12 Densidad de siembra en Aeroponía.....	15
4.13 ¿Qué se consigue con la aeroponía?	16
4.14 Características generales sobre el sistema aeropónico.....	16
4.15 Raíz flotante.....	17
4.16 Principales diferencias entre cultivo Hidropónico y Aeropónico	18

7. CONCLUSIÓN	20
8. LITERATURA CITADA	21

RESUMEN

Este trabajo se elaboró con el propósito de revisar y analizar la información existente sobre la nueva tecnología de producción llamada aeroponía que nos permite hacer un eficiente uso del agua. La aeroponía se ha utilizado principalmente en el cultivo de papa. Cultivo en el que permite aumentar la densidad de plantas con los beneficios de que no se requiere de suelo ya que el cultivo es colocado en charolas de poliuretano en un ambiente protegido (invernadero), evitando el contacto con plagas que pudieran afectar en una siembra tradicional, otras de las ventajas es que se obtiene un incremento en cortes por ciclo.

Considerando los beneficios de esta tecnología nos garantiza el abasto de papa, chile y cannabis, para la población al incrementar la cantidad de toneladas por hectárea. En el cultivo de la papa esto beneficia a la nación ya que es el cuarto alimento de mayor consumo no solo porque constituye un alimento básico, sino porque además se comercializa. En el caso del chile es el primer alimento a nivel nación y cannabis es un cultivo de mucha ayuda como planta medicinal es por eso que en esta recopilación se pretende informar a los productores interesados en incrementar su producción, disminuir el problema de escasez de agua, reducir el problema con plagas, evitar problemas con las condiciones del suelo y a la vez reducir en cierta medida el deterioro del suelo ya que es un recurso natural importante.

Palabras clave: Aeroponía, producir, papa, riego, fertilización.

INTRODUCCIÓN

La aeroponía es una técnica en hidroponía de cultivo en solución y cultivo en balsa o raíz flotante; su principal característica es que la raíz de la planta se desarrolla dentro de un contenedor, caja o tubo plástico, sin nada más que aire alrededor. La principal ventaja técnica de este sistema es la excelente oxigenación que se le proporciona a la raíz, el cual es uno de los factores limitantes en otros sistemas hidropónicos. En la aeroponía el sistema de irrigación o aspersión es de suma importancia, ya que mantiene hidratada a la raíz de las plantas con la solución nutritiva en periodos regulares, con el fin de garantizar su nutrición y desarrollo.

La aeroponía es el sistema hidropónico más moderno. El primer sistema aeropónico fue desarrollado por el Dr. Franco Massantini en la Universidad de Pia (Italia), lo que le permitió crear las denominadas "columnas de cultivo". Una columna de cultivo consiste en un cilindro de PVC, u otros materiales, colocado en posición vertical, con perforaciones en las paredes laterales, por donde se introducen las plantas en el momento de realizar el trasplante. Las raíces crecen en oscuridad y pasan la mayor parte del tiempo expuestas al aire, de ahí el nombre de aeroponía. En el interior del cilindro una tubería distribuye la solución nutritiva mediante pulverización a media o baja presión.

Además, este sistema de cultivar frutas y verduras tiene otra ventaja, no necesita ningún medio de crecimiento específico para asegurar que las plantas de semillero absorben todos los nutrientes de la solución.

Mientras que los sistemas hidropónicos son muy comunes, los sistemas aeropónicos son restringidos, requieren poco mantenimiento y producen resultados sorprendentes. Los sistemas aeropónicos son considerados por muchos, los sistemas de cultivo del futuro.

OBJETIVO

Presentar los beneficios del sistema de aeroponía como una opción viable para reducir la escasez de agua, incrementar la producción y calidad de cultivos así como evitar la contaminación y erosión del suelo.

REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 ¿Qué es la aeroponía?

La aeroponía consiste en que la raíz de la planta crece suspendida en el aire, dentro de cajones cerrados alimentadas mediante una solución nutritiva, que es nebulizada y recirculada.

La aeroponía es un sistema sencillo, sin embargo es necesario que los niveles de nutrientes, luz y CO₂, estén a las cantidades adecuadas para maximizar rendimiento y calidad de los cultivos. Hay sistemas de arranque simples, como AeroGarden de Miracle-Gro, utilizados en casa para cultivar hierbas con raíces poco profundas que son el punto de partida de bajo costo. Hay líneas más profesionales de sistemas aeropónicas disponibles, como los sistemas de AeroFlo de General Hidropónicos, que ofrecen una mayor capacidad para manejar las variedades de plantas más altas, pero son costosos. Hay muchas ideas de bricolaje en línea que pueden manejar una capacidad variable con sólo los costos de los materiales y el tiempo. Cualquiera sea el sistema que se utilice, aeroponía es una forma eficiente para crecer y producir cultivos de plantas de cannabis (<https://www.zambeza.es/blog-como-cultivar-cannabis-con-un-sistema-aeroponico-n30>).

La aeroponía es el sistema hidropónico más moderno. El primer sistema aeropónico fue desarrollado por el Dr. Franco Massantini en la Universidad de Pia (Italia), lo que le permitió crear las denominadas "columnas de cultivo". Una columna de cultivo consiste en un cilindro de PVC, u otros materiales, colocado en posición vertical, con perforaciones en las paredes laterales, por donde se introducen las plantas en el momento de realizar el trasplante. Las raíces crecen en oscuridad y pasan la mayor parte del tiempo expuestas al aire, de ahí el nombre de aeroponía. En el interior del cilindro una tubería distribuye la solución

nutritiva mediante pulverización a media o baja presión (<http://hidroponiamex.blogspot.mx/p/aeroponia.html>).

La aeroponía es una forma de cultivo hidropónico avanzada. Se trata de un cultivo donde no se utiliza ningún tipo de sustrato. La raíz queda suspendida en el aire, esto hace que los depósitos de agua sufran menos alteración de las que sufren utilizando cualquier tipo de sustrato. Por otro lado en este sistema de cultivo es muy importante mantener el agua con un alto grado de oxigenación y, todos los parámetros en estado adecuado, pH, EC y temperatura (https://www.alchimiaweb.com/aeronicos-82_128_139_140/).

4.2 Origen de la aeroponía

La palabra aeroponía se deriva de los términos griegos Aero (aire) y ponos (trabajo). La aeroponía es una técnica de cultivo moderno, por medio de la cual una planta se desarrolla en un entorno aéreo, las sustancias nutritivas para su adecuado crecimiento se obtienen de un sistema de aspersión continua de nutrientes, aplicados directamente a la raíz de la planta, sin hacer uso del suelo y sin estar sumergida en ningún tipo de sustrato (Hernández y Piñeros, 2013).

La aeroponía descrita como técnica moderna de producción agrícola tiene numerosas ventajas. La principal ventaja que aporta la aeroponía es la excelente aireación que el sistema proporciona a las raíces, uno de los factores limitantes de la hidroponía. Basta tan solo considerar que la cantidad de oxígeno disuelto en el agua se mide en mg/L, o partes por millón (ppm), siendo de 5-10 mg/L a 20° C, mientras que la cantidad de oxígeno disuelto en el aire se mide en porcentaje (21%), lo que nos indica que la concentración de oxígeno en el aire es del orden de 20.000 veces más elevada que la concentración del mismo gas disuelto en el agua (Hernández y Piñeros, 2013).

4.3 Como funciona la Aeroponía

Si la hidroponía es el cultivo de plantas utilizando el agua como sustrato, la aeroponía da un paso más allá: el medio en el que viven las plantas es el aire. Y es que la aeroponía es el sistema más rápido para cultivar plantas. De forma similar a la hidroponía, tenemos que sostener las plantas de forma que mantengamos las raíces en un espacio total o parcialmente cerrado. Las sales necesarias se hacen llegar en una solución de nutrientes por medio de un spray o vaporización y entran en contacto con las raíces de las plantas. Desde gotas de tamaño normal a una neblina de micro gotas de 50 micrómetros o menos (lo que usan en la NASA), éstas facilitan la humedad y transporte de nutrientes necesarios, permitiendo además que la raíz tome todo el oxígeno y CO₂ que necesiten del aire (Basterrechea, 2015).

4.4 Tipos de Aeroponía

Por un lado existen dos tipos de aeroponía de alta presión, similar a la que utiliza la NASA, y aeroponía de baja presión, más barata y fácil de realizar (Basterrechea, 2015).

4.4.1 Aeroponía de baja presión

Utilizando una bomba de agua normal pulverizamos o salpicamos la raíz de las plantas utilizando pequeños aspersores. Las gotas son grandes y de tamaño irregular, mojan las raíces y suele mantenerse las 24h funcionando. Funciona bastante bien y es la que más se suele hacer de forma casera (Basterrechea, 2015).

La aeroponía de calidad inferior, o casera, suele generar gotas ligeramente más grandes, y no hay una separación bien establecida entre los depósitos. En lo general, el agua proviene de un sólo depósito, lo que presenta cierto problema. El pH de los nutrientes podría no estar equilibrado, y es difícil controlar lo que ocurre como el desarrollo y morfología de la raíz. Si no hay una separación entre la zona de la raíz y la del agua, las raíces podrían crecer sobre el propio sistema aeropónico y estropear su funcionamiento (<https://www.cannabis.info/es/cultivar-sistemas-aeroponicos>).

4.4.2 Aeroponía de alta presión

Operan con agua a alta presión (usando otro tipo de bombas), lo que permite que el agua salga por los aspersores en forma de gotas microscópicas. Como se ha mencionado antes, unos 50 micrómetros, más pequeñas que el grosor de un pelo. Además se suele controlar el tiempo de riego y no se riega continuamente. Es más eficiente y se absorbe de forma más efectiva, permitiendo mejor el paso de oxígeno a las raíces (Basterrechea, 2015).

La aeroponía de alta presión incluye bombas y boquillas rociadoras especiales, que juntas crean una niebla con gotas invisibles a simple vista. Estas bombas crean gotas de un tamaño inferior a 50 micrones, lo que permite cubrir una zona más amplia que a su vez se traduce en mayor rendimiento y calidad (<https://www.cannabis.info/es/cultivar-sistemas-aeroponicos>).

La aeroponía de calidad cuenta con excelentes materiales y diseños que permiten que las raíces obtengan una cantidad uniforme de agua. Además, un buen diseño no deja escapar el agua por los laterales, lo que supondría un desperdicio de agua, nutrientes, y elevaría la humedad del cuarto de cultivo (<https://www.cannabis.info/es/cultivar-sistemas-aeroponicos>).

4.5 La Aeroponía

En este medio se utiliza un medio de sustento físico a nivel de la raíz, solo se requiere mantener las plantas en postura vertical. Mediante un soporte que las sostiene a nivel del cuello. En todo caso, las raíces quedan en el aire y la solución nutritiva se aplica mediante pulverizaciones muy finas y frecuentes. Con este método se obtiene una aireación óptima del sistema radicular; sin embargo, es más dificultoso regular la temperatura y la humedad a dicho nivel (Glaconi y Escaff, 2004).

Una última variante de la hidroponía recibe el nombre de aeroponía. Esta técnica consiste en el cultivo de plantas cuyas raíces se mantienen suspendidas en el aire y que periódicamente reciben “baños” o “rocío” de agua con sustancias nutritivas (Porras, 2009).

Un sistema de nebulización asperja periódicamente la solución nutritiva sobre las raíces, en donde este sistema está encendido solo unos 2 a 3 minutos, lo que es suficiente para que las raíces se humedezcan y la solución nutritiva quede aireada (Córdova, 2005).

El sistema de cultivo aeropónico para la producción de la primera generación de patata de siembra se desarrolla en invernaderos y consiste, básicamente, en mantener las raíces de la planta al aire y en condiciones de total oscuridad. Para que la planta y tubérculos puedan desarrollarse, se aplican nutrientes en las raíces mediante un sistema de nebulización, que pulveriza de forma periódica agua enriquecida con nutrientes. El hecho de que los tubérculos se desarrollen al aire, permite una gran aireación de las raíces, y que no estén afectados por los patógenos existentes en la tierra, por lo que se aumenta considerablemente la

producción por planta. Este incremento abarata sustancialmente el precio del tubérculo (Neiker).

Básicamente no se diferencia mucho de cualquier sistema hidropónico. Cuenta con un contenedor, depósito o cubo, opaco y rígido, que sirve de estructura para el soporte de la planta mediante una serie de perforaciones en su parte superior y en donde se colocan las pequeñas canastillas o macetas. En su interior se encontrará la solución nutriente y el sistema de riego, compuesto por el sistema de aspersión, que son una serie de aspersores, rociadores, nebulizadores o cualquier otro dispositivo capaz de crear una niebla o fina lluvia que entregará los nutrientes a la raíz de la planta, y una bomba de agua se encargará de suministrar un flujo de solución nutriente constante (Bruno, 2017).

La solución nutriente es el parámetro más importante por lo que son poco menos que imprescindibles un medidor de pH y EC. La mejor opción siempre será un medidor continuo con las sondas dentro del depósito de la solución nutriente, conocer al instante estos dos valores puede salvar de muchos problemas. Si se usa un medidor portátil, conviene hacer mediciones continuamente, especialmente cuando uno se mete de lleno en la aeroponía, los primeros pasos suelen ser algo complicados (Bruno, 2017).

4.6 Ventajas y desventajas de la Aeroponía

Los sistemas basados en aeroponía presentan ventajas adicionales al aspecto productivo, pues al ser un sistema cerrado, no hay pérdida de agua ni de nutrientes y permite también un buen monitoreo de la sanidad del cultivo a nivel radicular. La desventaja de la aeroponía está en el costo de implementación que presenta, ya que es una técnica de elaboración totalmente mecánica; existe una alta susceptibilidad a un mal funcionamiento, ya que se requiere de una regulación precisa y de un constante control de los niveles de agua y nutrientes. Además, se puede producir la obturación de boquillas o alguna avería y las plantas pueden ser dañadas rápidamente en forma irreparable. Para evitar este tipo de problemas es necesario contar con sistema de filtraje de la solución y un monitoreo constante del sistema (García, 2013).

La aeroponía ofrece el potencial de mejorar la producción y reducir los costos en comparación con los métodos convencionales o con el otro método de cultivo sin suelo llamado hidroponía (García, 2013). La aeroponía explota eficientemente el espacio vertical del invernadero y el balance humedad-aire para optimizar el desarrollo de raíces, tubérculos y follaje.

Comparando los sistemas convencional, hidropónico y aeropónico para la producción de minitubérculos de papa cv. Nagore. Se encontró rendimiento medio fue más alto para el sistema aeropónico, con 11.6 mini tubérculos por planta, un rendimiento de 101.1 g/plt y un peso medio de mini tubérculos de 8.9 g (García, 2013). La mayor productividad estuvo asociada al mayor número de colectas realizadas en el tiempo, para evitar tubérculos demasiados grandes. La producción de mini tubérculos por planta fue el doble respecto a los sistemas de cultivo tradicional e hidropónico.

Ventajas:

La aeroponía se considera un método de alto rendimiento, porque las raíces viven en excelentes condiciones: Siempre están en contacto con el aire (insuperable oxigenación) y siempre recibiendo nutrientes. De esta manera, la productividad es sobresaliente (Brajovic, 2017).

Dado que no hay sustrato sólido o líquido alrededor de las raíces, son mínimas las posibilidades de aparición de enfermedades asociadas al suelo. Pueden utilizarse concentraciones más bajas de nutrientes (Brajovic, 2017).

Desventajas:

Los equipos aeropónicos requieren un mayor nivel de supervisión y mantención que otros métodos. Especialmente, debe revisarse con frecuencia que los aspersores funcionen correctamente y que no estén tapados, pues como las raíces están expuestas al aire, la falta de asperjado por períodos cortos puede causar la muerte de la planta (Brajovic, 2017).

Complementando lo anterior, estos equipos son sensibles a fallas en el suministro eléctrico. En caso de apagones, por ejemplo, la bomba del sistema deja de funcionar, y las raíces dejan de recibir agua. Para funcionar correctamente, los aspersores necesitan presión altas. En consecuencia, deben utilizarse bombas más potentes, usualmente más ruidosas (Brajovic, 2017).

La ventaja principal de la aeroponía se encuentra en que la raíz está en contacto con el aire, por lo que están dadas las condiciones para lograr una combinación óptima de CO₂, luz, agua y nutrientes. La raíz de las plantas al estar en contacto con el aire, tiene acceso a todo el CO₂ que la atmósfera posee (<http://www.buscagro.com/blog/3722-produccion-de-semilla-de-papa-en-aeroponia-actividad-para-pequenos-productores/>).

4.7 Ventajas Ecológicas

El crecimiento aeropónico es considerado seguro y ecológico por producir cosechas de forma natural manteniendo las plantas saludables. La principal ventaja de los aeropónicos es la conservación de agua y energía. Comparado con los hidropónicos, los aeropónicos ofrecen requerimientos de agua y energía menores por cada metro cuadrado que los hidropónicos. Cuando se usan de forma comercial, los aeropónicos usan una décima parte del agua necesaria que otros métodos para hacer crecer la cosecha pero esto puede reducirse a un más llegando a una veinteava parte (Fuentes, 2012).

4.8 Aeroponía vertical Rotación Colombiana

Es un sistema de arañas absolutamente ajustable que se puede montar, desbaratar trasladar de una manera sencilla para quien lo tiene. La idea fue diseñar una estructura que facilitara la producción de cultivo en pequeños espacios para el consumo en casa o para su comercialización en supermercados así hay un gran ahorro familiar y adicionalmente puede generar ingresos adicionales.

El sistema consta de ocho columnas hexagonales y soportes en relieve cada una de las cuales tiene 63 cavidades donde se alojan las plantas para su desarrollo. Ocupa 2.5 metros cuadrados y dos metros de alto, pero puede hacerse de 2.5 por 1.20 metros de alto. Todo depende del espacio que el productor dispone. Las columnas están fabricadas en poliestireno termo formado.

El sistema en conjunto tiene una capacidad de rotación de 360°. También, sucede lo mismo con las columnas. Para permitir que todas las plantas reciban la misma cantidad de luminosidad que puede ser solar o artificial. Para lograr esto último, al sistema de aeroponía vertical rotacional permite incorporar luz fluorescente, lo que permite que todo el sistema y cada columna giren sobre su mismo eje facilitando el manejo de las plantas y su chequeo permanente para evitar en lo posible la presencia de plagas o enfermedades. También para buscar un crecimiento homogéneo de las plantas (Cuellar, 2014).

4.9 Aeroponía en cultivo de papa

La técnica de aeroponía fue usada inicialmente para la producción de hortalizas. Tecnología nueva, especial para la producción de semilla de papa. Las pruebas iniciales ofrecen la siguiente información:

- La producción de semilla de papa puede ser incrementada espectacularmente en invernadero.
- Los diferentes cultivares (cvs) de papa responden de manera diferente a la aeroponía. Los tipos Tuberosum tienden a producir menos que los cultivares que tienen genes de Andígena. Esto también se observa cuando se desarrollan en sustrato.
- La producción con aeroponía es particularmente sensible al clima.

- Las cosechas son múltiples y secuenciales.
- El periodo vegetativo de las plantas se alarga entre 1 a 2 meses.
- La semilla proveniente de aeroponía produce igual que la semilla convencional.
- La inversión inicial puede recuperarse rápidamente.
- La inoculación con bacterias parece ser una técnica promisoría en el incremento de tuberculillos por planta. Esto se halla en plena investigación en el CIP (Centro de Investigación de Papa).
- Con aeroponía se puede aumentar significativamente el ingreso y reducir los costos de producción de la semilla de calidad de papa, haciéndola más accesible a los productores (http://nqxms1019hx1xmtstxk3k9sko-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2016/04/poster_p_kromann.pdf).

4.10 Aeroponía en cultivo de chile

La aeroponía es un sistema de cultivo de plantas que ofrece muchas ventajas para el cultivo del chile. En palabras sencillas, la aeroponía cultiva las plantas con sus raíces suspendidas en el aire dentro de una cámara de cultivo, sin medio, en un sistema cerrado. Las raíces de las plantas cuelgan en el aire y son rociadas con agua rica en nutrientes (<http://elholandespicante.com/guia-de-aeroponia-para-principiantes/>).

Los microbios en la planta están en un ambiente rico en oxígeno, lo que brinda a los microbios tiempo para digerir los nutrientes y ponerlos inmediatamente a disposición del sistema circulatorio de la planta. El CO₂ circula bien en la habitación lo que mejora aún más el crecimiento (<http://elholandespicante.com/guia-de-aeroponia-para-principiantes/>).

4.11 Aeroponía en cultivo de cannabis

En un cultivo hidropónico de cannabis cultivado en macetas con arlita, lana de roca o mapito; también se usan tacos o slabs de lana de roca. Se utilizan sistemas de flujo/reflujo o sistemas de recirculación, que bombean el agua desde el depósito hasta las macetas, donde llega la solución nutritiva a las raíces de la planta por medio de los goteros. La maceta (o bandeja) drena el agua, que vuelve al depósito e inicia el mismo proceso de nuevo. Hablamos de cultivos aeropónicos de Marihuana cuando las raíces de la planta se encuentran completamente al aire, sin tocar ningún tipo de sustrato. Los esquejes están colocados en unas rejillas con arlita, para sostener la planta dentro de la maceta. En este método, las raíces absorben la solución de nutrientes en forma pulverizada. Se usa un tipo de pequeños aspersores para humidificar las raíces de la planta (<http://marihuananovato.com/principales-diferencias-cultivo-hidroponico-y-aeroponico/>).

La ventaja de los sistemas hidropónicos y aeropónicos es la rapidez en la producción. Aparte de eso, las raíces están limpias y sanas evitan las plagas y enfermedades que puede encontrarse en el suelo. También es más fácil detectar cualquier problema con las raíces, debido a que las mantenemos totalmente limpias porque no tocan ningún tipo de sustrato (<http://marihuananovato.com/principales-diferencias-cultivo-hidroponico-y-aeroponico/>).

4.12 Densidad de siembra en Aeroponía.

La densidad depende de los componentes de la densidad de plantas (papa cannabis y chile) como el número de tallos por planta. La densidad de tallos combina los dos componentes y describe mejor la densidad de un cultivo de papa que la densidad de plantas. La densidad de planta afecta el número de tubérculos, tamaño de los mismos y tasa de multiplicación, y está determinada por el número de tallos que emergen y sobreviven. La densidad recomendada depende del ambiente, propósito del cultivo y variedad de papa (Caicedo y Jijón., 2016).

En la forma tradicional, la densidad de un cultivo de papa se expresa como número de plantas por unidad de área. Pero una planta de papa comúnmente consiste de varios tallos. Cada tallo forma, raíces, estolones y tubérculos, y se comporta como si fuese una planta individual. En consecuencia, la densidad de un cultivo de papa consiste en dos componentes; el primer componente es el número de plantas, tradicionalmente llamado densidad de plantas y el segundo componente es el número de tallos por planta (Caicedo y Jijón, 2016).

4.13 ¿Qué se consigue con la aeroponía?

Se logra mejorar los rendimientos, calidad y disminuir los costos de producción. El desarrollo del sistema radicular y tuberización se incrementa por el amplio espacio disponible y el ambiente óptimo para su desarrollo (balance de aire y humedad) (Kromann, 2013).

- Permite aprovechar mejor el espacio vertical del invernadero.
- Permite cosechar solo los tubérculos del tamaño y peso deseado (10-12 gramos).
- Permite mejorar la calidad sanitaria de los mini tubérculos.

4.14 Características generales sobre el sistema aeropónico

En el sistema aeropónico, la producción de mini tubérculos se incrementa durante el desarrollo del cultivo, alcanzando un pico de producción, ya que este sistema permite realizar varias cosechas, hasta que las plantas cumplan con su ciclo, las primeras cosechas presentan tubérculos con calibres ideales > 8 gramos; esta condición permite que, estos tubérculos puedan ser sembrados directamente en campo, para su posterior multiplicación. Cuando la finalización del ciclo biológico de las plantas está próxima, el calibre de cosecha ideal disminuye y se cosechan los mini tubérculos que, tienen un calibre menor pero que son perfectamente válidos para la plantación en campo, con el fin de aumentar el rendimiento (Saquina, 2012).

Las observaciones realizadas durante el desarrollo de las plantas de papa en el sistema aeropónico, han demostrado que, estando los estolones de la parte subterránea de la planta en total oscuridad, las pequeñas hojitas desarrollan al inicio un color verde amarillento en toda la extensión de su desarrollo, tornándose estas hojitas a medida que avanza el ciclo de la planta, en un color amarillento blanquecino, para finalmente darán lugar a los mini tubérculos (Saquina, 2012).

Los mini tubérculos obtenidos en el sistema aeropónico, presentan lenticelas muy abiertas debido a la gran humedad relativa del lugar en donde se desarrollan, esta condición es favorable, ya que así se evita la pérdida de agua y se aprovechan todas las reservas que acumulan para su crecimiento, por esta característica se requiere que tras la cosecha, los mini tubérculos se mantengan entre cinco y siete días a temperatura ambiente; a fin de que, la fisiología y el mini tubérculo en sí, no sufran daños antes de introducirlo en la cámara de conservación a 5°C (Quinteros, 2015),

4.15 Raíz flotante

Esta técnica de cultivo es cada vez más atrayente debido a la reducción del espacio de suelo cultivable, menor disponibilidad de agua adecuada para el riego y aumento de las exigencias del mercado en calidad e inocuidad (Quinteros, 2015).

Raíz flotante significa cultivo en agua. Los cultivos necesitan de un sustrato que constituye el medio que les proporciona facilidad para el aprovechamiento de los nutrientes, agua, oxígeno y sostén, según (Quinteros, 2015), quién también menciona que el éxito de la producción se basa en el conocimiento que se tenga de dos factores importantes: La planta y nutrientes.

4.16 Principales diferencias entre cultivo Hidropónico y Aeropónico

Hidroponía

En este método, se mantiene la planta o las plántulas sumergidas en la solución nutritiva en base a lo largo de su crecimiento. Elegir diferentes métodos de cultivo, dependiendo del tamaño de la semilla. Si quieres crecer tomates o pimienta, el sistema de riego por goteo es la mejor opción. Del mismo modo, si usted está planeando crecer hierbas entonces el método de flujo de la grava es recomendable (<http://jardineria.advicebase.net/20130711113350.html>).

Existen casi cinco métodos para crecer una fruta o verdura en hidroponía. Los cuales son cultura del agua, reflujos y flujos, sistema de goteo, técnica de película de nutrientes y el sistema de mecha (<http://jardineria.advicebase.net/20130711113350.html>).

En hidroponía, la solución nutritiva utilizada es muy limitada, como la solución gotea en los envases en que está inmersa la plántula. No hay ningún desperdicio de la solución (<http://jardineria.advicebase.net/20130711113350.html>).

El medio de cultivo utilizado en hidroponía es, generalmente, perlita, vermiculita, arcilla guijarros o las cáscaras de coco. Jardinería de hidroponía es más común que la jardinería con aeroponía (<http://jardineria.advicebase.net/20130711113350.html>).

En un cultivo hidropónico se denomina sustrato a un medio material, normalmente sólido, en el cual se desarrollan las raíces del cultivo. Con objeto de optimizar las propiedades, los sustratos suelen estar confinados en contenedores que pueden adoptar distintas formas (abiertas o cerradas), volúmenes (cubos, prismas, cilindros) y aspectos (a granel, bolsas, sacos). Por lo tanto, los sustratos deben proporcionar al cultivo todo lo que el cultivo requiere y que normalmente toma por la raíz: agua, nutrientes minerales y oxígeno, son los componentes más importantes que los vegetales normalmente absorben por la raíz (Pérez).

Aeroponía

Aunque aeroponía es una parte de hidroponía, su funcionamiento es un poco diferente. En este método, con la solución nutritiva base se rocía las plantas de semillero de vez en cuando. Sigue un ciclo como las plántulas dependen de la solución nutritiva base para su crecimiento (<http://jardineria.advicebase.net/20130711113350.html>).

Uso de los sistemas aeropónicos un temporizador y la bruma. Esto da a los sistema radicular de nutrientes valiosos y un montón de oxígeno. Los resultados suelen ser excepcionales. Las plantas llevan a menudo hermosas hojas verde oscuras, grandes sistemas de raíces sanos y una cosecha abundante (<http://jardineria.advicebase.net/20130711113350.html>).

Además, este sistema de cultivar frutas y verduras tiene otra ventaja. No necesita ningún medios de crecimiento específicas para asegurar que las plantas de semillero absorber todos los nutrientes de la solución (<http://jardineria.advicebase.net/20130711113350.html>).

Mientras que los sistemas hidropónicos son muy populares, los sistemas aeropónicos son compactos, requieren poco mantenimiento y producen resultados sorprendentes. Los sistemas aeropónicos son considerados por muchos, que los sistemas de cultivo del futuro (<http://jardineria.advicebase.net/20130711113350.html>).

Aerponía es el proceso de cultivar plantas en un entorno aéreo o de niebla sin hacer uso de suelo. La palabra "aerponía" viene de los términos griegos aero y ponos que significan respectivamente aire y trabajo. Los cultivos aeropónicos difieren de los convencionales cultivos hidropónicos y crecimiento in vitro. Como se usa agua para transmitir nutrientes, se habla de los aeropónicos como un tipo de hidropónico (http://www.fabriquim.com/ver_noticia.php?id=41).

CONCLUSIÓN

En conclusión, la aerponía es un método sofisticado de rendimiento impresionante, que es ideal para aquellos agricultores que deseen la máxima producción en sus cultivos y gustan de pasar tiempo revisando y monitoreando sus equipos.

Aplicando esta técnica de cultivo podemos obtener vegetales totalmente libres de contaminación, en volúmenes realmente importantes a bajo costo y sin perjuicio para el planeta ni para sus habitantes.

LITERATURA CITADA

- Andrade Piedra J., Barona D., Benítez J., Chuquillanqui C., García M., Kromann P., Mateus Rodríguez J., Montes de Oca F., Otazú V., Potosi B. Manual para la producción de semilla de papa usando Aeroponía – Diez años de experiencias en Colombia, Ecuador y Perú. 9 de julio, 2015. [En línea]. Google. http://nkxms1019hx1xmtstxk3k9sko-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2016/04/poster_p_kromann.pdf. Fecha de consulta: [09 de agosto del 2017].
- Basterrechea M., Aeroponía; La guía básica. 30 de Enero, 2015. [En línea]. Google. <https://www.hidroponiacasera.net/aeroponia-la-guia-basica/>. Fecha de consulta: [14 de junio del 2017].
- Brajovic G. La Aeroponía. 1 de marzo, 2017. [En línea]. Google. <http://www.hidroponic.cl/la-aeroponia/>. Fecha de consulta: [28 de junio del 2017].
- Bruno. Aeroponía o el arte de cultivar marihuana sin suelo. 27 de Enero, 2017. [En línea]. Google. <https://www.cannabislandia.com/blog/aeroponia-cultivar-marihuana/>. Fecha de consulta: [06 de julio del 2017].
- Caicedo Delgado W. G., Jijón Córdoba D. E. Incidencia de la densidad de siembra en la producción de semilla de papa (*solanum tuberosum* L) variedad superchola en el sistema aeropónico, en la granja experimental Yuyucohca, Caranuqui, Ibarra, Ecuador. 2016 [En línea]. Google. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/5341/1/03%20AGP%2000%20TESIS%20DE%20GRADO.pdf>. Fecha de consulta: [03 de julio del 2017].

Córdova Wolff R. Evaluación técnica y económica de la producción de lechugas hidropónicas bajo invernadero en la comuna de Calbuco, X Región. 2005. [En línea]. Google. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/fac796e/doc/fac796e.pdf>. Fecha de consulta: [03 de julio del 2017].

Cuellar Bonilla A. Aeroponía Vertical Rotación. 8 de Agosto, 2014. [En línea]. Google. <https://agronegocios.com.py/?p=357>. Fecha de consulta: [28 de junio del 2017].

Duran M, J. Los cultivos sin suelo: de la Hidroponía a la Aeroponía. 1 de febrero, 2000. [En línea]. Google. http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_vrural%2FVrural_2000_101_40_43.pdf. Fecha de consulta: [02 de julio del 2017].

Fuentes Guerra M. P. Diseño de un dispositivo ultrasónico para el uso de la aeroponía. Septiembre, 2012. [En línea]. Google. <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/11511/22.pdf?sequence=1>. Fecha de consulta: [02 de julio del 2017].

García Rosero L. M. "EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y DE SUSTENTABILIDAD DE DOS METODOS DE PRODUCCION DE SEMILLA PRE BASICA DE PAPA (SOLANUM TUBERSOSUM L.) BAJO INVERNADERO". 2013. [En línea]. Google. <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/1341/1/T-SENECYT-00467.pdf>. Fecha de consulta: [28 de junio del 2017].

Glaconi M. V., Escaff G. M. Cultivo de Hortalizas. Septiembre, 2004. [En línea]. Google. https://books.google.com.mx/books?id=-K9xgvfdGGYC&pg=PA85&lpg=PA85&dq=hortalizas+en+aeroponia&source=bl&ots=3rFaMexolb&sig=t7iW4XcYTPPuMw9D8neljT4WbEg&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiz2qGSsdrUAhWq54MKHR_sAlgQ6AEIRzAF#v=onepage&q=hortalizas%20en%20aeroponia&f=false. Fecha de consulta: [14 de junio del 2017].

Hernández. Salamanca C. J., Piñeros Muños J. S. Diseño de un prototipo de un sistema de producción tipo Aeropónico. 2013. [En línea]. Google. <http://repository.ean.edu.co/handle/10882/4432>. Fecha de consulta: [14 de junio del 2017].

Kromann P. Curso de Aeroponía para la Producción de Minitubérculos de Papa. 30 de mayo, 2013. [En línea]. Google. <https://cipotato.org/es/region-quito-2/curso-de-aeroponia-para-la-produccion-de-minituberculos-de-papa/>. Fecha de consulta: [06 de julio del 2017].

Morales Fernández S. D. Crecimiento, contenido de azúcares y capacidad de brotación en semilla tubérculo de papa (*solanum tuberosum* L.). Febrero, 2011. [En línea]. Google. <https://chapingo.mx/horticultura/pdf/tesis/TESISDCH2011020406126373.pdf>. Fecha de consulta: [14 de junio del 2017].

Neiker N. Sin título. [En línea]. Google. http://www.euskadi.eus/contenidos/noticia/patatas_sintierra/es_agripes/adjuntos/patatas.pdf. Fecha de consulta: [03 de julio del 2017].

Oasis, S. AEROPONÍA. 14 de Abril, 2015. [En línea]. Google. <http://hidroponia.mx/aeroponia/>. Fecha de consulta: [14 de junio el 2017].

Pérez Ramírez C. Nuevos huertos cultivos hidropoacuaticos y aeropoacuaticos. [En línea]. Google. <http://biotierra15.weebly.com/nuevos-huertos-cultivos-hidropoacutenicos-y-aeropoacutenicos.html>. Fecha de consulta: [06 de julio del 2017].

Porras Moreno N. R. Automatización de procesos en una huerta hidropónica. Diciembre, 2009. [En línea]. Google. http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb2009/pb2009_032.pdf. Fecha de consulta: [02 de julio del 2017].

Quinteros Pallarozo C. G. Evaluación del sistema de raíz pata obtención de semilla de papa (*solanum tuberosum* L.) de calidad. clutuglagua, pichincha. 2015. [En línea]. Google. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/4798/1/T-UCE-0004-28.pdf>. Fecha de consulta: [12 de julio del 2017].

Rodríguez C, J. Manejo sustentable en la producción de papa (*solanum tuberosum* L.). Enero, 2012. [En línea]. Google. <http://avalon.cuautitlan2.unam.mx/biblioteca/tesis/161.pdf>. Fecha de consulta: [14 de junio del 2017].

S/A Guía de Aeroponía para principiantes. [En línea]. Google. <http://elholandespicante.com/guia-de-aeroponia-para-principiantes/>. Fecha de consulta: [28 de junio del 2017].

S/A. Aeropónia. [En línea]. Google. <http://hidroponiamex.blogspot.mx/p/aeroponia.html>. Fecha de consulta: [04 de julio del 2017].

S/A. Como cultivar cannabis con un sistema Aeropónico. 10 de Diciembre, 2014. [En línea]. Google. <https://www.zambeza.es/blog-como-cultivar-cannabis-con-un-sistema-aeroponico-n30>. Fecha de consulta: [04 de julio de 2017].

- S/A. Cultivar cannabis en sistemas de Aeroponía. 01 de Febrero, 2017. [En línea]. Google. <https://www.cannabis.info/es/cultivar-sistemas-aeroponicos>. Fecha de consulta: [06 de julio del 2017].
- S/A. Cultivos Aeropónicos. [En línea]. Google. https://www.alchimiaweb.com/aeroponicos-82_128_139_140/. Fecha de consulta: [06 de julio del 2017].
- S/A. Cultivos sin suelo. 28 de Noviembre, 2016. [En línea]. Google. http://www.fabriquim.com/ver_noticia.php?id=41. Fecha de consulta: [06 de julio del 2017].
- S/A. Jardinería. 2014. [En línea]. Google. <http://jardineria.advicebase.net/20130711113350.html>. Fecha de consulta: [04 de julio del 2017].
- S/A. Principales diferencias entre cultivo hidropónico y aeropónico. 2014. [En línea]. Google. <http://marihuananovato.com/principales-diferencias-cultivo-hidroponico-y-aeroponico/>. Fecha de consulta: [04 de julio del 2017].
- S/A. Producción de semilla de papa en Aeroponía: actividad para pequeños productores. 6 de septiembre, 2011. [En línea]. Google. <http://www.buscagro.com/blog/3722-produccion-de-semilla-de-papa-en-aeroponia-actividad-para-pequenos-productores/>. Fecha de consulta: [12 de julio del 2017].
- Saquina Chango S. J. Producción de tubérculo de papa (*solanum tuberosum* L.) categoría pre básica utilizando biol en un sistema Aeropónico en el cantón Mejía, providencia de pichincha. 2012. [En línea]. Google. <http://redi.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1990/1/Tesis-016agr.pdf>. Fecha de consulta: [03 de julio del 2017].