

Fecha de recibido: 17/11/2023
Fecha de aceptado: 23/03/2024
DOI: 10.22490/ECAPMA.7480

DESARROLLO DE UN CULTIVO DE CILANTRO (*Coriandrum sativum*) EN UN SISTEMA AEROPÓNICO AUTOMATIZADO

DEVELOPMENT OF A CILANTRO CROP (*Coriandrum sativum*) IN AN AUTOMATED AEROPONIC SYSTEM

Yeimi Marcela Avilez Bedoya

Agrónoma

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - ECAPMA

Grupo de investigación: INYUMACIZO

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6310-7329>

Correo electrónico: ymavilezb@unadvirtual.edu.co

Francisco José Montealegre Torres

Ingeniero Agrónomo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia-ECAPMA

Grupo de investigación: INYUMACIZO

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1326-7113>

Correo electrónico: francisco.montealegr@unad.edu.co

Danilo Bonilla Trujillo

Médico Veterinario y Zootecnista

Universidad Nacional Abierta y a Distancia-ECAPMA

Grupo de investigación: INYUMACIZO

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6069-8039>

Correo electrónico: danilo.bonilla@unad.edu.co

Citación: Avilez, Y., Montealegre, F. y Bonilla, D. (2024). Desarrollo de un cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum*) en un sistema aeropónico automatizado. *Working Papers ECAPMA*, 8(1), 55 – 67. <https://doi.org/10.22490/ECAPMA.7480>

RESUMEN

Contextualización: el cilantro (*Coriandrum sativum*) es una hierba anual de la familia de las apiáceas, conocida por sus características como: raíz pivotante, tallos rectos, hojas compuestas, flores blancas y frutos aromáticos. Su nombre científico, *Coriandrum sativum* L., proviene del griego “Koris”, que significa chinche, debido al olor del fruto inmaduro (Díaz, 2002, p. 20). India lidera como el mayor productor y consumidor mundial de cilantro, mientras que los principales países importadores son Alemania, Estados Unidos, Sri Lanka y Japón (Reliance Spot Exchange, 2011, en Arizio et al., 2011).

Vacío del conocimiento: la aeroponía es un método sin suelo donde las plantas crecen en un ambiente aéreo, destacando por su uso eficiente del agua, producción rápida, control de plagas y reducción del uso de agroquímicos. Derivada de los términos griegos “aero” (aire) y “ponos” (trabajo), es una variante de la hidroponía que utiliza soluciones nutritivas. Según la International Society for Soil-less Culture, este método implica raíces expuestas a solución nutritiva (Arano, 1990, en Dávila y Santos, 2014). Fue desarrollado inicialmente por el Dr. Franco Massantini en la Universidad de Pia (Italia), conocido por sus innovadoras “columnas de cultivo” (Durán et al., 2000).

Propósito del estudio: explorar la aeroponía como una tecnología avanzada que mejora la calidad y producción del cilantro, optimiza el uso del agua y promueve la sostenibilidad ambiental, además de ser una estrategia agrícola clave para fomentar la economía, seguridad alimentaria e investigación en diversos cultivos.

Metodología: el proyecto compara el crecimiento y productividad del cilantro (*Coriandrum sativum*) en un sistema aeropónico automatizado y en suelo. Se emplea la observación y análisis de datos cualitativos y cuantitativos para evaluar el desarrollo de las plantas durante dos ciclos de cosecha.

Resultados y conclusiones: la aeroponía técnica innovadora facilita el cultivo del cilantro, conocido por sus propiedades medicinales y culinarias, además, permite una mayor densidad de plantas por metro cuadrado y reduce significativamente el riesgo de plagas y enfermedades, disminuyendo así el uso de productos químicos. El uso de soluciones nutritivas en la aeroponía también mejora la productividad del cultivo en comparación con métodos agrícolas tradicionales.

Palabras claves: agricultura urbana, aeroponía, automatización, soluciones nutritivas, prototipo, suelo

ABSTRACT

Contextualization: The coriander (*Coriandrum sativum*) is an annual herb of the Apiaceae family, known for its characteristics such as tap root, straight stems, compound leaves, white flowers, and aromatic fruits. Its scientific name, *Coriandrum sativum* L., comes from the Greek “Koris”, which means bug, due to the smell of the unripe fruit (Díaz, 2002, p. 20). India leads as the world’s largest producer and consumer of coriander, while the main importing countries are Germany, the United States, Sri Lanka, and Japan (Reliance Spot Exchange, 2011 cited in Arizio et al., 2011).

Knowledge gap: Aeroponics is a soilless method where plants grow in an aerial environment, standing out for its efficient use of water, rapid production, pest control and reduction in the use of agrochemicals. Derived from the Greek terms “aero” (air) and “ponos” (work), it is a variant of hydroponics that uses nutrient solutions. According to the International Society for Soil-less Culture, this method involves roots exposed to nutrient solution (Arano, 1990, cited by Dávila & Santos, 2014). It was initially developed by Dr. Franco Massantini at the University of Pia (Italy), known for his innovative “cultivation columns” (Durán, et al., 2000).

Purpose of the study: Explore Aeroponics as an advanced technology that improves the quality and production of cilantro, optimizes water use and promotes environmental sustainability, in addition to being a key agricultural strategy to promote the economy, food security and research in various crops .

Methodology: The project compares the growth and productivity of cilantro (*Coriandrum sativum*) in an automated aeroponic system and in soil. Observation and analysis of qualitative and quantitative data are used to evaluate plant development during two harvest cycles.

Results and conclusions: The innovative technical Aeroponics facilitate the cultivation of cilantro, known for its medicinal and culinary properties. It allows a greater density of plants per square meter and significantly reduces the risk of pests and diseases, thus reducing the use of chemical products. The use of nutrient solutions in Aeroponics also improves crop productivity compared to traditional agricultural methods.

Keywords: aeroponics, automation, nutritional solutions, prototype, soil, urban agriculture

1. INTRODUCCIÓN

El proceso de investigación e implementación para un cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum*) bajo un sistema aeropónico automatizado, tiene como objetivo analizar y controlar las diferentes variables como temperatura, humedad, pH, entre otras, así como estudiar el respectivo desarrollo de los especímenes en suelo para su correspondiente comparación.

La aeroponía es una técnica avanzada y de tecnología que ha permitido cultivar plantas sin hacer uso del suelo, por lo cual ha sido llamada la agricultura sin tierra, este sistema resalta la importancia de hacer crecer las plantas en un entorno cerrado, con las raíces suspendidas en el aire y con un equipo de riego de microaspersión, el cual tiene como finalidad brindar a la misma, la solución nutritiva para su desarrollo y crecimiento. Actualmente, la agricultura tiene gran importancia en lo que se refiere a la economía de un país, debido a que gran parte de la superficie está dedicada a esta labor; desafortunadamente, los suelos poco a poco han sido objeto del mal uso humano, lo que ha traído consigo una degradación exhaustiva, que, si no es controlada, es imposible recuperar. Según Pennock et al., (2015) “el 33% de los suelos está de moderada a altamente degradado debido a la erosión, el agotamiento de nutrientes, la acidifica-

ción, la salinización, la compactación y la contaminación química” (p.8).

Lo anterior evidencia que estamos frente a un recurso natural no renovable, lo que ha impulsado la búsqueda de distintas alternativas para el cuidado de los recursos naturales. Esto es especialmente relevante en la producción y demanda de alimentos, tanto en el mercado nacional como internacional. Un ejemplo de estas alternativas es la aeroponía, que hoy en día se considera un avance significativo en la agricultura a nivel mundial.

El proyecto apunta al establecimiento de un cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum*) aeropónico como alternativa eficaz en la producción y rentabilidad del mismo frente a otros sistemas de siembra; además, se sustenta en una de las mejores formas para reducir costos, ya que dicho sistema permite múltiples ventajas como conservación del agua, control de plagas, enfermedades en las plantas y la supervisión de distintas variables ya mencionadas. Así, el cultivo desarrollado bajo el sistema aeropónico es una forma de obtener cosechas de forma natural y ecológica, donde parte del procedimiento es electrónico y automatizado para garantizar los factores mencionados y obtener los resultados deseados para el cultivo.

Con base en lo anterior, se pretende recolectar la información desde la germi-

nación hasta la recolección de la cosecha del proceso de cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum*) en un sistema aeropónico automatizado. A su vez, se espera detallar el comportamiento de estas plantas frente a variables como temperatura, humedad, frecuencia de riego y soluciones nutritivas empleadas. El objetivo es determinar y comparar el crecimiento, color, bioma-

sa y el tiempo requerido para completar el ciclo productivo en el sistema aeropónico automatizado. Paralelamente, se realizará una comparación con el sistema tradicional de cultivo bajo condiciones agroecológicas locales a fin de evaluar las diferencias en los resultados obtenidos y, de acuerdo con esto, demostrar el funcionamiento del prototipo empleado para este proyecto.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología para el proyecto aplicado se sustenta en la observación y análisis de datos cuantitativos y cualitativos, que brindan información en torno al comportamiento que tuvieron las plantas en el sistema aeropónico y del cultivo en suelo. Esto con el propósito de detallar características ejemplares durante todo el ciclo productivo de las mismas, por tanto se realizó un análisis comparativo del desarrollo y crecimiento de las plantas de cilantro (*Coriandrum sativum*) en los dos sistemas de producción agrícola. El proyecto se desarrolló en la ciudad de Ibagué departamento del Tolima, ubicado en el centro-occidente de Colombia, sobre la Cordillera Central de los Andes, el clima presente en la capital es tropical, la temperatura mínima es de 18°C y la máxima es de 28°C, la altitud es de 1225 m.s.n.m. Se realizaron dos procedimientos, el primero con plantas de cilantro en suelo y el otro con plantas de cilantro bajo el sistema aeroponía, para luego recolectar la in-

formación del desarrollo de estas durante dos cosechas en ambos procesos.

Para el desarrollo de las plantas en suelo se utilizaron los siguientes materiales:

- Semilla de cilantro variedad Patimorado
- Copas de plástico
- Azadón
- Cinta métrica
- Tablas
- Tierra abonada 60
- Atomizador
- Manguera
- Fertilizante industrial CRECER 500
- Abono orgánico
- Libreta de apuntes
- Cámara fotográfica

Se realizó el procedimiento en un área de suelo de un metro cuadrado, la estruc-

tura fue hecha por tablas que tenían la medición exacta para el proceso, se hizo un drenaje para mantener la humedad adecuada y evitar encharcamientos. Posteriormente, se incorporó tierra abonada y debidamente desinfectada, se hicieron 100 hoyos con una distancia de siembra de 10x10 cm/m² y una densidad de 6.89 g/m², lo que quiere decir que en cada hoyo se suministraron 6 semillas para un total de 600 semillas/m².

Una vez se estableció el área de suelo de un metro cuadrado, se hicieron unas aureolas con copas de plástico para colocarlas en cada hoyo, esto a fin de dar un procedimiento igual al del sistema aeropónico, además sirvió de guía para incorporar las semillas sin que estas se salieran del mismo; después de esto, se realizó un riego para mantener húmedo el suelo y permitir la germinación de las semillas.

Para el proceso del cultivo aeropónico de cilantro (*Coriandrum sativum*) en el prototipo se utilizaron los siguientes materiales:

- Semilla de cilantro variedad Patimorado
- 100 copas de plástico
- Cinta métrica
- Icopor
- Turba
- Soluciones nutritivas (elementos mayores y menores)
- Sistema aeropónico automatizado
- Libreta de apuntes
- Cámara fotográfica

Semillero

El semillero se realizó con un material orgánico llamado turba, la cual es muy utilizado en semilleros gracias a su porosidad y retención de agua, lo que permite que las plántulas tengan un adecuado anclaje radicular. Se emplearon 100 copas de plástico en las cuales se incorporó el material orgánico, para luego suministrar las 6 semillas de cilantro (*Coriandrum sativum*) en cada copa de plástico, para un total de 6.89 gr equivalente a 600 semillas; además, se adicionaron 20 copas más para garantizar la germinación de las copas requeridas para el prototipo y se suministró la misma cantidad de semillas.

Las copas de plásticos fueron puestas en una lámina de Icopor, donde se hicieron unos orificios para incorporar las copas de plástico, además este tipo de semillero permitió mantener firmes las mismas y hacer más fácil el traslado hasta el Prototipo Aeropónico.

En las dos cosechas se realizó el respectivo semillero, pero con materiales nuevos como método de asepsia, también se empleó la misma cantidad de semilla y se desarrolló el mismo procedimiento.

Cada copa tenía sus respectivos orificios para el drenaje y expuestas las raíces al momento de suministrar la solución nutritiva.

Para el análisis estadístico se utilizó la estadística descriptiva, utilizando parámetros de centralización, posición y dispersión.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de productividad obtenidos en los dos sistemas de producción agrícola se presentan en la Tabla 1, donde se comparan los resultados del porcentaje de productividad.

Tabla 1. Comparación de resultados del porcentaje de productividad (suelo versus aeroponía)

| Sistema | Producción obtenida de follaje verde x m2 | | Estimación de producción follaje verde/ha | | % de productividad |
|-------------|---|---------|---|--------------|--------------------|
| Tradicional | 1 cosecha | 311 gr | 1 cosecha | 3,110 kilos | 28% |
| | 2 cosecha | 813 gr | 2 cosecha | 8,130 kilos | 74% |
| Aeropónico | 1 cosecha | 1410 gr | 1 cosecha | 14,100 kilos | 128% |
| | 2 cosecha | 2178gr | 2 cosecha | 21,780 kilos | 198% |

Fuente: autores.

Durante el desarrollo de las plantas de cilantro (*Coriandrum sativum*) bajo el sistema aeropónico y en suelo, se observaron varios aspectos importantes y diferencias significativas, clave para el éxito del desarrollo y productividad del cultivo de ci-

lantro. Por ejemplo, la aeroponía mostró un tiempo de germinación más rápido en comparación con el suelo (Figura 1), esto sucedió durante los dos ciclos de cosecha, lo cual sugiere una ventaja inicial en términos de establecimiento del cultivo.

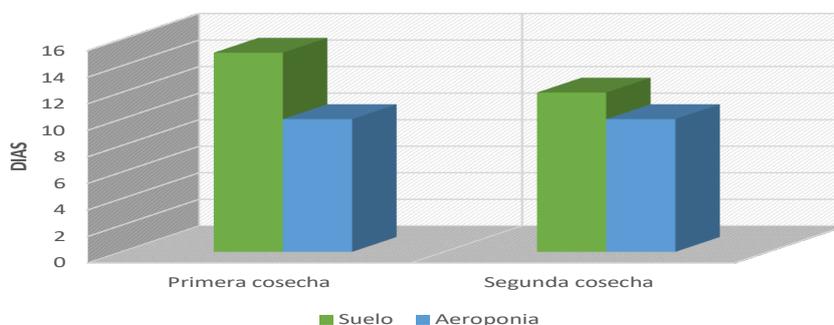


Figura 1. Comparación del tiempo de germinación (suelo versus aeroponía)

Fuente: autores.

En la Figura 2 se observar que se registró un menor porcentaje de germinación en suelo comparado con el sistema aeropónico en la primera cosecha; sin embargo, en la segunda cosecha se observó un por-

centaje mayor bajo el sistema tradicional, lo cual podría indicar que el porcentaje de semillas que germinan puede variar entre ambos sistemas.

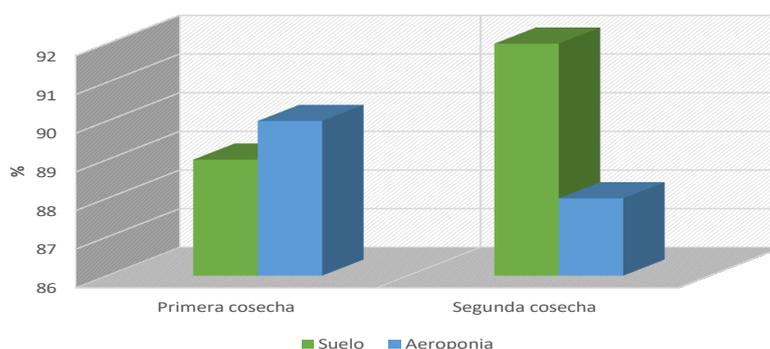


Figura 2. Comparación porcentaje de germinación (suelo versus aeroponía)

Fuente: autores.

Con respecto a la cantidad de semillas germinadas (Figura 3) el suelo puede resultar con una mayor cantidad, en comparación con la aeroponía, lo cual podría atribuirse a condiciones más favorables

en el momento del proceso germinativo. Este dato es de gran importancia, debido a que podría influir significativamente en la densidad de plantas y por ende producción en cada sistema de cultivo.

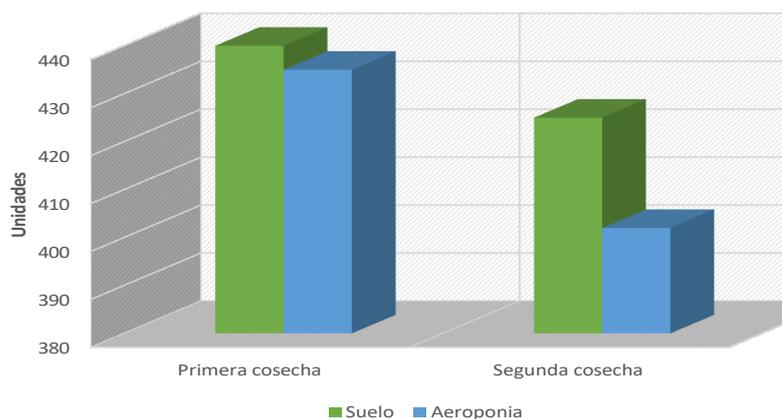


Figura 3. Comparación de cantidad de semillas germinadas (suelo versus aeroponía)

Fuente: autores.

Además, se encontró que las plantas cultivadas en aeroponía alcanzaron una altura promedio final similar o mayor que las

del suelo (Figura 4), indicando un potencial para una mayor biomasa aérea final en condiciones aeropónicas (Figura 5).

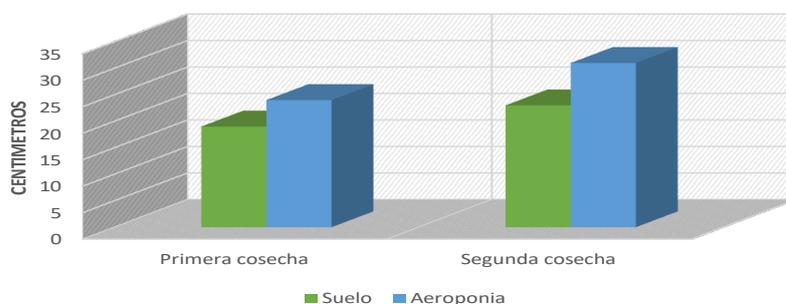


Figura 4. Comparación altura promedio final (suelo versus aeroponía)

Fuente: autores.

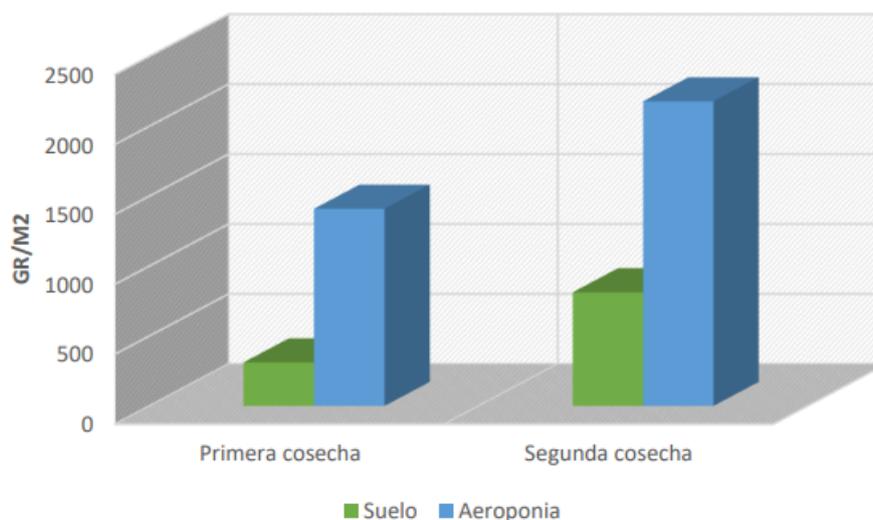


Figura 5. Comparación de biomasa aérea final (suelo versus aeroponía)

Fuente: autores.

En términos de producción, la aeroponía mostró una cantidad notable de plantas cosechadas (Figura 6) y posiblemente un rendimiento total más alto en comparación al sistema tradicional en suelo. Esto

podría estar relacionado con la capacidad de la aeroponía para proporcionar condiciones óptimas y controladas de crecimiento.

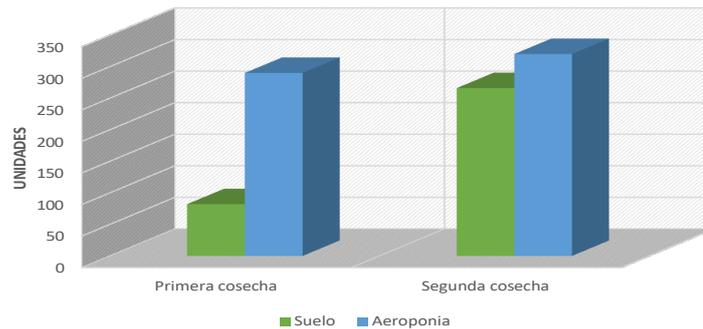


Figura 6. Comparación de cantidad de plantas cosechadas (suelo versus aeroponía)
Fuente: autores.

Además, se observó que el ciclo productivo en aeroponía es más corto en comparación con el suelo (Figura 7), lo que podría influir significativamente en la efi-

ciencia general del sistema, permitiendo ciclos más rápidos y por ende aumentando la frecuencia de producción cada año. Principio del formulario

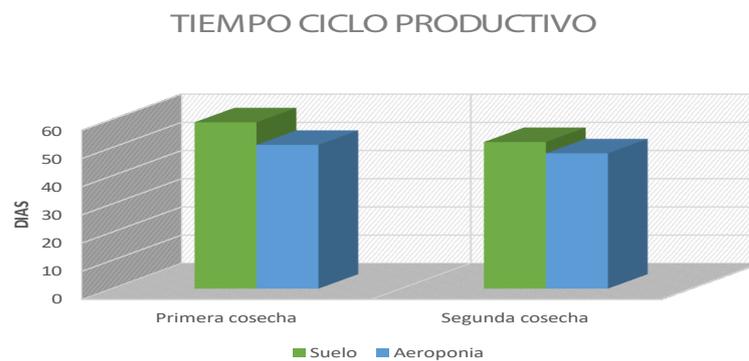


Figura 7. Comparación tiempo ciclo productivo (suelo versus aeroponía)
Fuente: autores

Dicho lo anterior, se tuvo en cuenta otros factores de gran importancia que fueron registrados, como la presencia de enfermedades y la propagación de arvenses y cambios climáticos, que fue una de las principales limitantes para el adecuado desarrollo y crecimiento de algunas plantas en los dos sistemas de producción. Así, teniendo en cuenta los resultados de

las figuras analizadas, se evidencia que la aeroponía ofrece ventajas significativas en términos de cantidad de plantas por metro cuadrado, lo que aumentó el peso en 768 gramos más. A su vez, teniendo en cuenta los cambios hechos con respecto a la iluminación en las plantas, la misma favoreció su crecimiento, pues la altura aumento 5 cm, generando un

ciclo productivo en menor tiempo y un mejor desarrollo vegetativo. Aunque bajo el sistema tradicional hubo ventajas en la porcentaje y cantidad de semillas germinadas, hay que tener en cuenta que las condiciones en suelo son diferentes y existen más riegos de adquirir enfermedades fúngicas y la parición descontrolada de plagas.

Estos hallazgos subrayan la importancia de considerar los beneficios y desafíos de cada sistema y la posibilidad de elegir la mejor opción para aplicaciones agrícolas específicas, en este caso el cultivo de cilantro como objeto de estudio.

Discusión

La aeroponía se ha convertido en una técnica innovadora que permite cultivar

distintas especies hortícolas y aromáticas como el cilantro (*Coriandrum sativum*), planta considerada medicinal y de gran importancia en la culinaria. Dicha especie puede ser fundamental gracias a sus propiedades antioxidantes (Arizio et al., 2011). El cultivo bajo este sistema de agricultura permite obtener más plantas por metro cuadrado, libres de plagas y enfermedades, lo que quiere decir que el uso de químicos no va hacer necesario, además, al estar las raíces suspendidas en el aire, permite una mayor oxigenación, lo que mejora el desarrollo radicular y por ende una mayor absorción de nutrientes (Garrido, 2024); esto lleva a las plantas a un crecimiento rápido y eficiente para adquirir más cosechas por año, en comparación con un cultivo tradicional.

4. CONCLUSIONES

Se realizó la comparación entre los dos sistemas de producción agrícola, donde el cultivo bajo el sistema aeropónico automatizado presentó ventajas significativas frente al cultivo tradicional.

El sistema aeropónico permite obtener más plantas por metro cuadrado y por consiguiente una producción de follaje superior a cosechas en suelo.

A pesar del costo elevado del sistema aeropónico, se comprobó el funcionamiento del prototipo para el desarrollo de las plantas de cilantro (*Coriandrum*

sativum), así como la viabilidad que tiene el mismo en cuestión de productividad, frente a otros sistemas de producción para beneficio de la comunidad.

La oxigenación en las raíces bajo la técnica de aeroponía permite un crecimiento masivo y eficiente de las mismas, lo que lleva a obtener plantas con una altura mayor, saludables y en menos tiempo, por lo cual se pueden obtener más cosechas por año.

Se puede constatar el aprovechamiento del recurso hídrico en un 90%, que

se debe a que el riego por microaspersión que se emplea es devuelto al tanque para reutilizar nuevamente el agua y los nutrientes, además este sistema permite suministrar agua rica en nutrientes, formando microgotas adheridas a las raíces, las cuales mantienen a las plantas con el requerimiento nutricional constante y, de esta manera, obtener rendimientos mayores al del cultivo en suelo.

La aeroponía permite cultivos 100% libres de plagas y enfermedades, caso contrario en el cultivo tradicional, por consiguiente el uso de químicos no fue necesario. Este resultado comprueba lo dicho por el ingeniero Héctor Chavarría, quien según sus experimentos recientes, redujo el uso de pesticidas bajo esta técnica. Los prototipos aeropónicos se convierten en una herramienta de estudio para empresas y universidades que desean realizar experimentos e investigaciones con fines educativos o productivos para una especie agrícola.

El comportamiento de las plantas en el sistema tradicional dependen en gran medida a los cambios climáticos, los cuales juegan un papel muy importante en lo que corresponde al desarrollo y productividad de un cultivo, pues cuando existen un exceso de humedad por lluvias o temperaturas elevadas, que no pueden ser controladas por recursos económicos o por razones naturales, existe una pérdida considerable de plantas; dichos factores son causantes de propagación de plagas y enfermedades, además de alterar los procesos biológicos en las plantas, lo que lleva a obtener una baja calidad y rentabilidad del producto. Por ejemplo, las altas temperaturas promueven el desarrollo temprano de las plantas, este efecto puede ser positivo porque acelera el ciclo productivo, pero también negativo debido al desbalance de giberelinas y citoquininas en la planta, lo que promueve el punteamiento prematuro, generando hojas filiformes y una baja calidad del producto (Hernández, 2003).

CONTRIBUCIÓN DE LA AUTORÍA

Yeimy Marcela Avilez Bedoya: metodología, investigación, análisis de datos, conceptualización, escritura, borrador original. **Francisco José Montealegre**

Torres: investigación, revisión y edición. **Danilo Bonilla Trujillo:** logística, revisión y edición.

REFERENCIAS

- Arizio, O., y Curioni, A. (2011). Mercado mundial y regional de coriandro (*Coriandrum sativum* L.). *Revista colombiana de ciencias hortícolas*, 5(2), 263-278. <file:///c:/users/marcela/onedrive/escritorio/referencias%20working/gfischer,+art%c3%adculo+7..pdf>
- Dávila, A., y Santos, G. (2014). *Diseño, construcción e instalación de un módulo aeropónico para cultivos de plántulas de papa (Solanun Tuberosum L.) en las instalaciones del fundo "La banda" Huasacache, Jacobo Hunter, Arequipa* [Tesis de grado] Ingeniería Agrónoma. Universidad Católica de Santa María. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12920/4385/68.0723.VZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Díaz, C. (2002). *Aplicación de algaenzims y su efecto en germinación y vigor de semilla de cilantro (Coriandrum sativum L.)* [Tesis de grado] Ingeniería Agrónoma en producción, Universidad Autónoma Agraria Antonio Navarro. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1224/APLICACION%20DE%20ALGAENZIMAS%20Y%20SU%20EFECTO%20EN%20GRAMINEAS%20Y%20VIGOR%20DE%20SEMILLAS%20DE%20CILAN->
- <TRO%20%28%20coriandrum%20sativum%20l.%20%29%20CANDELA-RIO%20DIAZ%20GARCIA.pdf?se>
- Durán, J., Martínez, E., y Navas, L. (2000). Los cultivos sin suelo: de la Hidroponía a la Aeroponía. *Revista vida rural*, 40-43. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_vrural%2FVrural_2000_101_40_43.pdf
- Hernández, J. (2003). *Crecimiento y Desarrollo del Cilantro Coriandrum sativum L por Efecto del Fotoperiodo y la Temperatura y su Control con Fitorreguladores* [Tesis de doctorado]. Universidad Autónoma de Nuevo León. <http://eprints.uanl.mx/5784/1/1020148421.PDF>
- Martínez, P. (2013). *Aeroponía como método de cultivo sostenible, rentable e incluyente en Bogotá D.C Colombia* [Tesis de grado]. Administración y gestión ambiental. Universidad Piloto de Colombia. <http://repositorio.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/780/00000864.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pennock, D. y McKenzie, N. (2015). *Estado Mundial del Recurso Suelo*. <https://agris.fao.org/search/en/providers/122621/records/6473afa713d110e4e7a932e6>



Licencia de Creative Commons

Revista Working Papers ECAPMA is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.

