Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica
ISSN en línea 3005-2599, julio-septiembre 2025,
Volumen 5, Número 3.

DOI: https://doi.org/10.61384/r.c.a.v5i1

GESTIÓN DE COSTO, DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA CULTIVOS HIDROPÓNICOS EN LOS AGRONEGOCIOS

COST MANAGEMENT, DESIGN, AND AUTOMATION OF DEVICE FOR HYDROPONIC CROPS IN AGRIBUSINESSES

Javier Enrique Urriola Sinisterra
Universidad de Panamá

Odalila De León Moreno
Universidad de Panamá

Eva Margarita Rodríguez de Brea
Universidad de Panamá

Libertad Fernández
Universidad de Panamá

Oscar Rodríguez Camaño
Universidad de Panamá

E. COUTURE
INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Estudios y Perspectivas
Revista Científica y Académica

Estudios y Perspectivas
Revista Científica y Académica
E. COUTURE
INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

DOI: https://doi.org/10.61384/r.c.a..v5i3.1378

Gestión de Costo, Diseño y Automatización de un Dispositivo para Cultivos Hidropónicos en los Agronegocios

Javier Enrique Urriola Sinisterra
javier_urriola@hotmail.com
https://orcid.org/0000-0003-2363-7920
Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá

Odalila De León Moreno
lalin-24@hotmail.com
https://orcid.org/0000-0001-8690-7591
Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá

Eva Margarita Rodríguez de Brea
eva.rodriguezt@up.ac.pa
https://orcid.org/0000-0002-0963-5868
Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias de la Educación, Panamá

Libertad Fernández
libertad.fernandez@up.ac.pa
https://orcid.org/0000-0002-3705-4761
Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Panamá

Oscar Rodríguez Camaño
oseroca.rodriguez@up.ac.pa
https://orcid.org/0000-0001-5438-8037
Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Panamá

RESUMEN

Este estudio examina la implementación de un sistema hidropónico automatizado en el Centro Regional Universitario de Veraguas como una herramienta educativa en los agronegocios. La investigación busca responder a los desafíos en la producción sostenible de alimentos frente a problemas como el cambio climático y la escasez de recursos. Se orienta a desarrollar un sistema de cultivo hidropónico automatizado para mejorar la enseñanza y el aprendizaje en gestión de costos, automatización y sostenibilidad en cultivos, a la vez que se fomenta la integración de conceptos prácticos y teóricos. Se aplicó una metodología cuantitativa con una muestra de estudiantes y docentes del centro, utilizando cuestionarios y análisis estadísticos para evaluar el conocimiento en hidroponía y la percepción de esta tecnología. Los resultados mostraron un alto nivel de conocimiento en hidroponía y un interés en la automatización del sistema, lo que indica una disposición positiva hacia la implementación de tecnología avanzada. La automatización de la hidroponía optimiza el uso de agua y nutrientes, reduce costos operativos y contribuye a una producción sostenible en un entorno controlado. El proyecto evidencia la viabilidad de la hidroponía automatizada como un recurso educativo y de producción sostenible, promoviendo una conexión integral entre teoría y práctica, además de constituir un modelo replicable para futuras iniciativas agrícolas en entornos urbanos y educativos.

Palabras clave: *hidroponía automatizada, sostenibilidad agrícola, gestión de costos, educación agropecuaria*

Recibido: 07- julio-2025 / Aprobado: 11-agosto-2025

Cost Management, Design, and Automation of Device for Hydroponic Crops in Agribusinesses

ABSTRACT

This study examines the implementation of an automated hydroponic system at the Veraguas Regional University Center as an educational tool in agricultural sciences. The research seeks to respond to the challenges of sustainable food production in the face of problems such as climate change and resource scarcity. It aims to develop an automated hydroponic farming system to improve teaching and learning in cost management, automation and crop sustainability, while promoting the integration of practical and theoretical concepts. A quantitative methodology was applied with a sample of students and teachers from the center, using questionnaires and statistical analysis to assess hydroponics knowledge and perception of this technology. The results showed a high level of knowledge in hydroponics and an interest in the automation of the system, indicating a positive disposition towards the implementation of advanced technology. Hydroponics automation optimizes water and nutrient use, reduces operating costs and contributes to sustainable production in a controlled environment. The project evidences the viability of automated hydroponics as an educational and sustainable production resource, promoting an integral connection between theory and practice, as well as constituting a replicable model for future agricultural initiatives in urban and educational environments.

Keywords: *automated hydroponics, agricultural sustainability, cost management, agricultural education*

INTRODUCCIÓN

Los sistemas agrícolas y de producción de alimentos del mundo se enfrentan a desafíos sin precedentes debido a la creciente demanda de alimentos de una población en rápido crecimiento, el hambre y la desnutrición, los efectos del cambio climático, el mal uso de los recursos naturales, la pérdida de biodiversidad y el desperdicio y residuos de alimentos (FAO, 2008). Los huertos familiares y las pequeñas granjas adoptan muchas formas que pueden contribuir significativamente a la nutrición de millones de familias con inseguridad alimentaria.

El cierre agrícola, según MIDA (2020), reportó que el cultivo de cebolla se centró en las importaciones desmedidas del rubro influyendo en la oferta nacional y por ende en la reducción del 38% en la participación de los productores. Alto costo de semilla certificada. Bajos precios para el productor. Incremento del uso de plaguicidas debido a la situación climática. Altos costos de mano de obra. Para el cultivo de tomate industrial, el cambio climático y las altas precipitaciones hasta el mes de enero afectaron el desarrollo normal del ciclo de producción. Escases y alto costo de mano de obra.

Los cultivos hidropónicos es un sistema versátil que puede ser adoptado a condiciones específicas ambientales, socioeconómicas y tecnológicas. Se puede tener un mejor control de especies como la nutrición, el pH, densidad de población, malezas, plagas, enfermedades y fertilización, y obtener mayores rendimientos que el cultivo en el suelo (Lezcano & Pittí, 2017).

La hidroponía es un método que incluye todos los métodos de cultivo de plantas en agua o en un sustrato como piedras, arena, turba, vermiculita, piedra pómez, bolsas de arroz, aserrín o carbón, donde la nutrición viene en forma de sal o fertilizantes químicos, se añaden al agua en cantidades suficientes. Además, es una alternativa y una nueva forma de producir cultivos (Samayoa, 2011).

saludables en nuestra sociedad. Debido a que es necesario producir vegetales de consumo de alta calidad, es necesario utilizar métodos de producción agrícola que apunten a proteger el cultivo, proteger el medio ambiente, mantener la calidad de los alimentos y la calidad en un alto nivel de protección, el objetivo se puede lograr agregando métodos de producción a la hidroponía.

Según AGRITECH MURCIA (2021) “el uso de sensores y un sistema integrado de riego y fertiirrigación

ahorra tiempo, reduce costos y mejora el agua y la nutrición diaria. Los sensores brindan información importante para saber todo lo que sucede en las plantas" (p. 1). Además, permiten tomar decisiones para gestionar los recursos y aumentar la productividad, haciendo que la agricultura sea más eficiente y sostenible.

Partiendo de este contexto, esta investigación tiene el objetivo de analizar de qué manera se puede utilizar la construcción de un sistema de cultivo hidropónico en el Centro Regional Universitario de Veraguas con estudiantes de distintas facultades, como estrategia en la apropiación de los conceptos de gestión de costos, dispositivo cerrado, cultivo hidropónico, automatización y enseñanza-aprendizaje.

METODOLOGÍA

El Centro regional Universitario de Veraguas fundado en 1,972 está ubicado en las coordenadas 8°06'55.8" N y 80°58'02.1" W en la Provincia de Veraguas. Actualmente tiene una población que sobre pasa los 6,000 estudiantes, 450 profesores y 160 administrativos. Para ello, aplicaremos el enfoque de investigación cuantitativo porque permite un mayor grado de comprensión de la realidad. De acuerdo con (Alan y Cortez, 2018), el propósito de la investigación cuantitativa es obtener información fundamental y elegir el modelo más adecuado que nos permita conocer la realidad de manera imparcial, porque la información se recolecta y analiza a través de conceptos y variables medibles. La investigación cuantitativa es una forma estructurada de recopilar y analizar datos de varias fuentes, donde se utilizan computadoras, herramientas estadísticas y matemáticas para producir resultados. Es fundamental en su propósito, ya que busca cuantificar el problema y comprender su uso generalizado al encontrar resultados predecibles para una población más grande.

Esta investigación se desarrollará con los estudiantes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias del Centro Regional Universitario de Veraguas y tendrá el apoyo docente de la escuela de zootecnia y la Escuela de Ciencias de La Familia y Desarrollo Comunitario, de la facultad de Ciencias Agropecuarias, la escuela de Informática, La escuela de Ciencias de la Educación, la escuela de Administración de Empresas y la facultad de Arquitectura.

Población y muestra

La presente investigación se trabajará con una población de 120 estudiantes de la facultad de Ciencias Agropecuarias. Este grupo permitirá que para el año 2023 trabajemos con 30 estudiantes (por conveniencias) y que nos proporcionarán a través de una indagación etnográfica de la enseñanza - aprendizaje obtenido durante la instalación y manejo del dispositivo cerrado (invernadero) automatizado.

Instrumento de recolección de datos

Los métodos de investigación cuantitativa son los más populares porque permiten el cálculo de características, características, elementos o comportamientos de los individuos para apoyar o refutar una hipótesis. Entre las características más relevantes de las técnicas de investigación cuantitativa se encuentran las siguientes:

- Son instrumentos que se encuentran establecidos y estructurados para realizar un proceso de recolección de datos efectivo.
- Estas técnicas se aplican a muestras de gran tamaño.
- Permiten recolectar respuestas objetivas de la muestra de estudio.
- Son técnicas que pueden replicarse, ya que son confiables.
- Los datos recolectados son numéricos y estadísticos, los cuales pueden organizarse en tablas y cuadros.

Diseño de la investigación

El invernadero debe construirse según Rodríguez (2011), con el fin de permitir que las aperturas para la ventilación estén acordes a la dirección del viento, debe frenar, lo menos posible, la velocidad del viento, para que su estructura no se desestabilice y el plástico no sufra daños, al final, el cultivo es quien determina el tipo de invernadero adecuado para utilizar.

El módulo o invernadero que se utilizará es de tipo Túnel, descrito por Rojas et al., (2017) “se ha optado como medida de clasificación el volumen de aire encerrado por cada metro cuadrado de suelo. De acuerdo con diferentes opciones, se puede definir como invernadero aquella estructura que supera

los 2.75- 3.0 m3/m2" (p.30).

Las dimensiones estándar de este tipo de invernadero son las siguientes:

- Ancho: 8 - 9.60 m
- Altura al cenit: 4 – 5 m
- Distancia entre arcos: 2.50 m (externas)
- Bastidores de refuerzos perimetrales

Materiales

Plástico y Malla

Cubierta

- Arcos cuya forma es curva o ligeramente apuntada en su punto más alto.

Adaptaciones

- Sistema de inflado para climas fríos que proporciona resisten a nieve y granizo.

Objetivo del diseño

- El invernadero debe estar cerca a fuentes de agua de excelente calidad, libre de contaminantes químicos y microbiológico.
- Debe existir un tanque de reserva para emergencia o épocas de sequías.
- El área de crecimiento de cultivos, donde van las plantas en suelos o sustrato
- El sistema de riego y drenaje, con algún tipo de canaletas si es en hidroponía.
- El sistema de ventilación, para modificar el flujo de aire que entra y sale.
- La instalación eléctrica, calefacción, refrigeración, entre otras, debe estar dentro de los parámetros de control.

Técnicas y métodos Técnicas

Dentro de las técnicas hidropónicas, los cultivos no solo se limitan a un único método, existen varios métodos de sistemas de sustitución del suelo. Las principales técnicas de cultivos hidropónicos son:

Técnicas Áreas

Estas son también conocidas Aeroponía. La principal característica que tiene este método es que

mantienen las raíces de las plantas libres de cualquier otro medio quedando en contacto con el aire y dentro de un medio oscuro. Se les aplica una solución nutritiva mediante nebulizadores.

Técnicas Recirculantes

En este caso, las raíces están sumergidas de forma constante en una solución nutritiva la cual mantiene su pH y concentraciones de sales de forma correcta.

Técnicas de sustrato

Está técnica es la que más similitud tiene con el método tradicional. Es el método más recomendado a quienes se inician en la hidroponía debido a la factibilidad que estas tienen. En esta técnica concretamente, se usa un sustrato para la planta permitiendo la suficiente humedad y la expansión de la raíz.

Técnica de raíz flotante

Esta técnica consiste en utilizar contenedores, en los cuales no se debe permitir la entrada de luz a las raíces del cultivo. El oxígeno que necesitan las plantas llega a través del agua, por ello se debe mover el agua utilizando bombas de aire.

Técnica de mecha o pabilo

Es la técnica más simple, esta no requiere bombas para transporte de la solución nutritiva desde el depósito hasta la planta. Las plantas reciben la solución mediante mechas o pabilos. El sistema es muy versátil y puede usar diferentes tipos de sustratos. Esté técnica es recomendable para plantas que requieren poca agua.

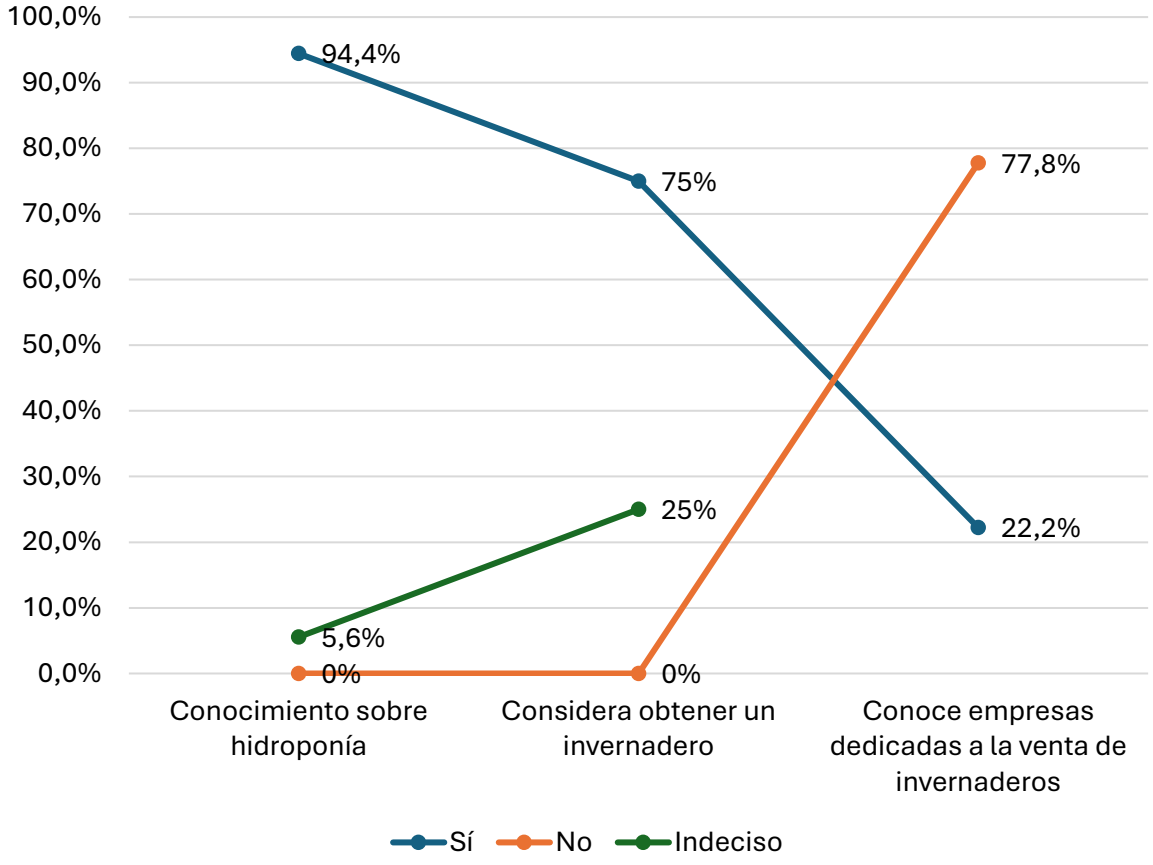
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El conocimiento de hidroponía de los encuestados es alto superior al 90% de los encuestados (figura 1), aspecto relevante, ya que sustenta la comprensión de que es un medio de producción sostenible de alimentos saludables y el uso de energías renovables amigables con el medio ambiente, a través del cual se implementa una producción sostenible a través de dispositivos manuales o automatizados (Mera et al., 2023). Desde el contexto de formación, el conocimiento de cultivos hidropónicos fomenta la investigación (Mejía et al., 2018), orienta hacia la búsqueda de opciones viables para generar nuevos

conocimientos y al mismo tiempo brindar herramientas a los estudiantes para su sustento (Morales, 2018).

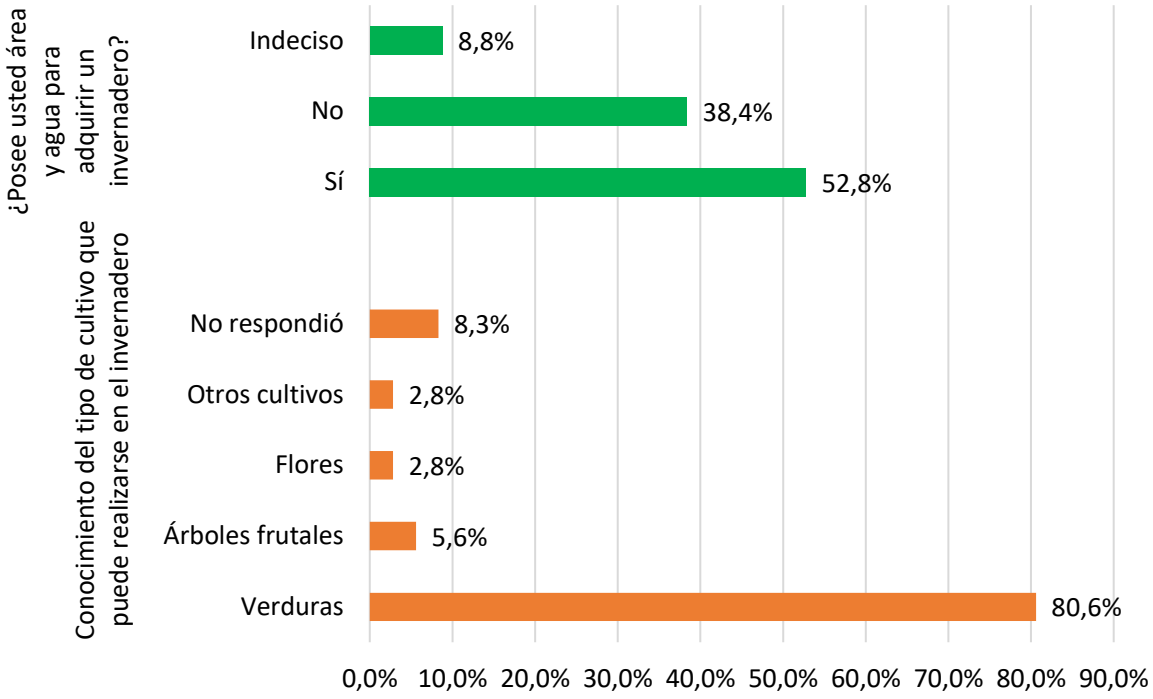
Con base a lo anterior la figura 1 se fundamenta que debido a que se conoce sobre hidroponía existe un buen grado de intención de obtener un invernadero en tres cuartas partes de la población encuestado y en pequeña escala se conoce de organización o grupos comerciales que negocian este tipo de modo de cultivo.

Figura 1 Conocimiento de hidroponía e intención de adquirir un invernadero



La figura 2 destaca que el 52.8% dijo poseer área y agua para adquirir un invernadero, el 38.4% indico no constar con eso y 8.8% se indicó indecisión a responder. Al verificar cuales son los alimentos que se deben producir un 80.6% verduras, 5.6% árboles frutales, 2.8% flores, 2.8% otros cultivos y un 8.3% no respondió.

Figura 2 Posesión de un área para implementar un invernadero y conocimiento del cultivo a producir

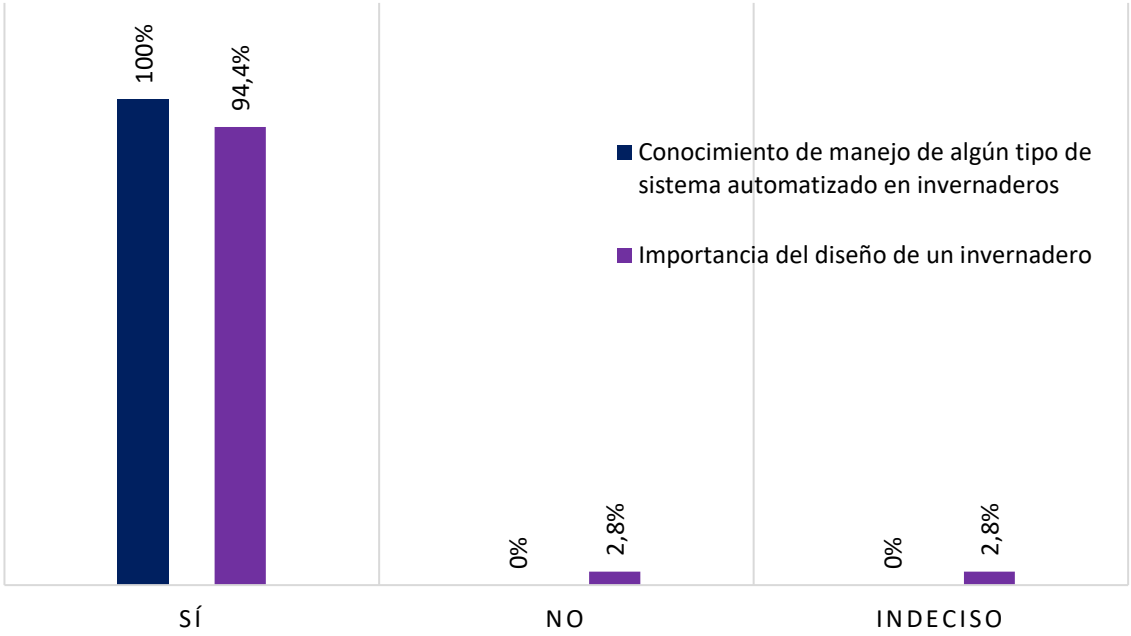


Según estudio de gestión de cultivos hidropónicos ya desarrollados en otros contextos es relevante aparte de la disposición y sitios en donde implementar los invernaderos es necesario conocer cómo afectan las plantas factores a las que están expuestas y como limitan su crecimiento y rendimiento, entre las que sobresalen condiciones ambientales que puede disminuir el rendimiento del cultivo (Lara Izaguirre, 2023).

Según destaca González-Linch et al., (2019), no basta con conocer el tipo de cultivo a desarrollar en el invernadero, además se tiene que comprender que la gestión del cultivo clásico requiere del cuidado permanente del ser humano para el riego del agua y suministro de la solución nutritiva, se propone utilizar tecnología para sustituir las funciones básicas del riego del cultivo mediante el uso de microcontroladores programables y reprogramables.

En la figura 3 se muestra que el 100% de los encuestados señaló que conoce el manejo de un invernadero automatizado, mientras que el 94.4% dijo considera el diseño del invernadero como importante, el 2.8% indico no es importante y 2.78% señala indecisión a responder.

Figura 3 Conocimiento de diseños automatizados de invernadero y relevancia de su diseño



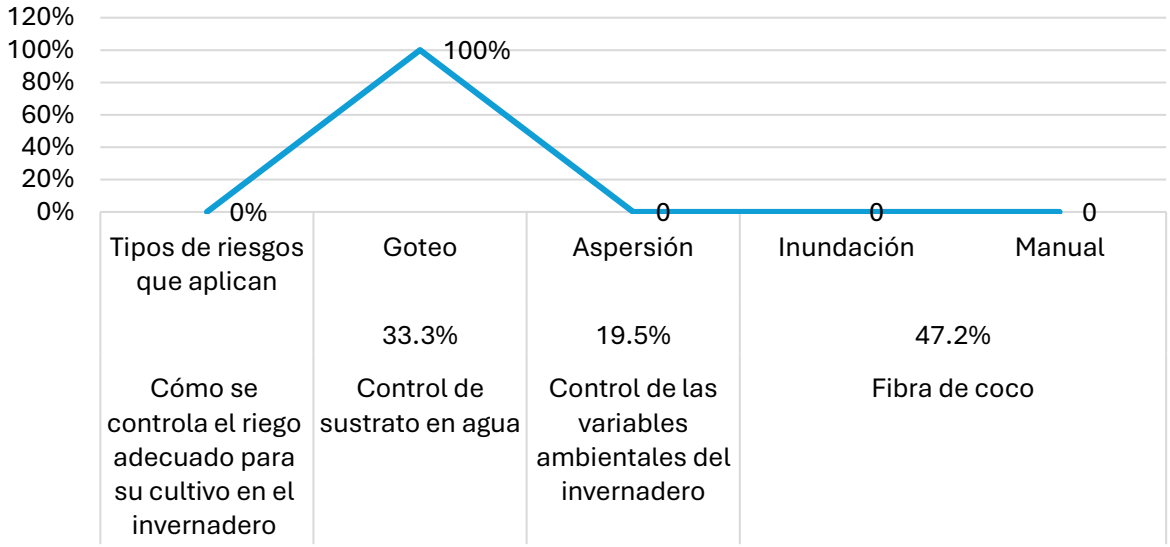
La automatización de los invernaderos conlleva ventajas muy evidentes en los procesos industriales; mejorando en costes, servicio y calidad (Castro et al., 2014). Así mismo, producen menos problemas de calidad por realizarse el trabajo de una manera más uniforme debido a las especificaciones dadas al automatismo. La razón de todo esto es la constante necesidad humana de mejorar procesos, reducir tiempos y costos ha llevado a importantes avances en materia tecnológica, como se ve en los sistemas de automatización y control

El conocimiento de la automatización en cultivos hidropónicos permite asimilar que, a través de la aplicación de las nuevas tecnologías, es posible contar con una solución que permita mayor eficacia en los sistemas de control, las cuales hacen posible el manejo de la información de manera rápida y almacenable. Según los descubrimientos de Singh et al., (2023), sobre la automatización de en cultivos hidropónicos, la tecnología crea condiciones ideales de crecimiento al regular automáticamente la temperatura, la humedad y la luz. Esto ayuda a mejorar la productividad y la sostenibilidad agrícolas.

La figura 4 destaca que El 100% de los encuestados respondieron que el tipo de riego que aplica más común en el invernadero que conocen es el goteo. Por otro lado, Al preguntarle a los encuestados sobre el control adecuado del riego, el 47.2% dijo que, con fibras de coco, un 33.3% consideró que el

control era a través de sustrato en agua, y un 19.5% dijo que el control era a través de las variables ambientales del invernadero.

Figura 4 Conocimiento de los tipos de riegos y control de invernaderos



Con base en la información presentada en la figura 5, aparte del sustrato en agua, ambientales y fibra de coco, el conocimiento debe extenderse a otras formas como lo es adecuar un sustrato orgánico de tal manera que contribuya los suficientes nutrientes que garanticen un buen desarrollo de la planta y por lo tanto también de sus frutos (Vargas et al., 2016). Esta iniciativa permitirá, además, hacer adaptaciones de un sistema de riego eficiente que satisfaga las necesidades hídricas que el cultivo requiere.

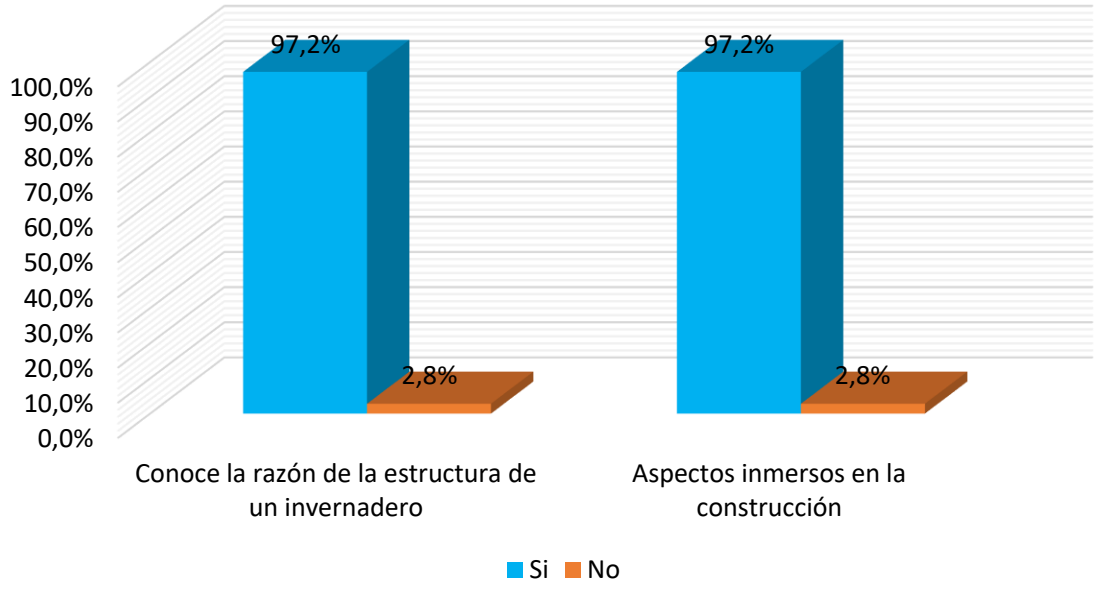
En este punto se fundamenta que una manera eficiente y rentable de tratar la producción del vegetal, es en condiciones de invernadero, ya que se tendrán controladas variables ambientales óptimas de tal forma que se obtengan productos de mejor calidad y mayor competitividad en comparación con otros productores.

Reconociendo que un invernadero es una construcción especial, generalmente de hierro cubierta de vidrios o cubierta plástica lo cual eleve la temperatura interna del invernadero para mantener un calor oscilante y por medio de la concentración de calor dentro del mismo protege del frío, con respecto a esta afirmación, en la tabla 5 se observa que los encuestados con un 97.2% respondieron que sí y un

2.8% que no.

El mismo porcentaje se obtuvo, al cuestionar si para la elección y construcción de un invernadero, se debe tener en cuenta los siguientes aspectos como la orientación y la luminosidad.

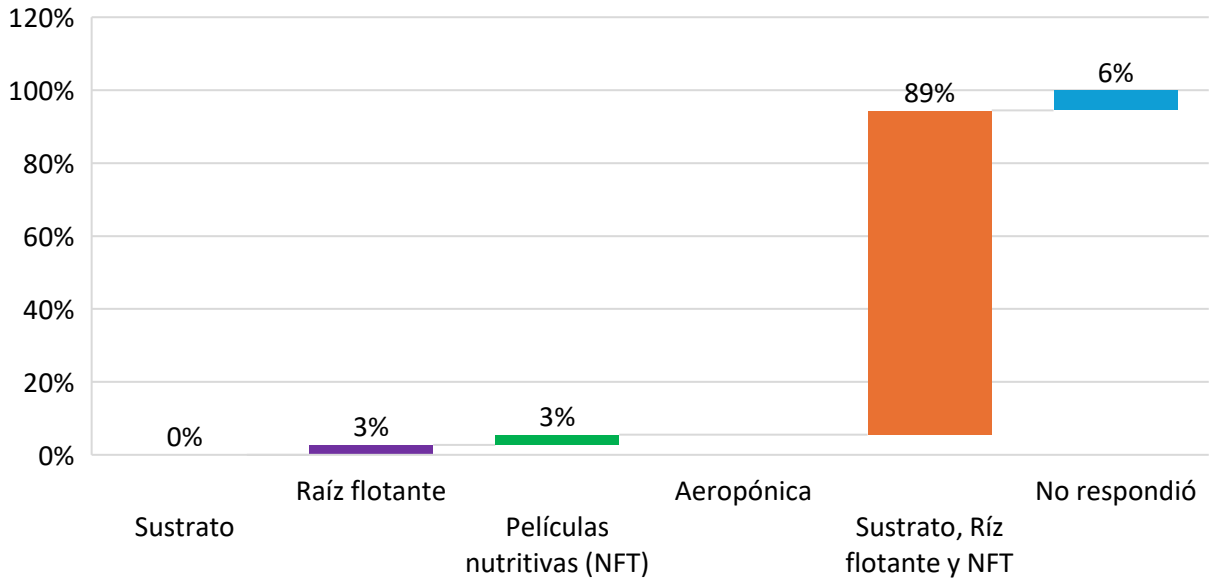
Figura 5 Definición y conocimiento de construcción de un invernadero



Sobre este aspecto es relevante las aportaciones de Oyervides Cázares (2018), al indicar que es necesario entrenamiento, así como conocimiento, ya que el desconocimiento del sistema hidropónico apropiado para producir cualquier tipo de cultivo requiere capacitación. Por tanto, el desconocimiento del manejo agronómico puede reducir significativamente los rendimientos y la eficacia de la producción hidropónica depende más de este aspecto.

Los encuestados durante sus giras académicas han observado en un 88.9%, la técnica de película nutritiva (NFT), mientras que el 2.8% que habían observado raíz flotante y un 5.5% no respondió.

Figura 6 Técnicas hidropónicas observadas en giras académicas



Sobre técnicas hidropónicas, Rozilan et al., (2023), estructuraron un sistema hidropónico con técnica de película de nutrientes (NFT), en donde además de ejemplificar el proceso y materiales utilizado como forma de ser replicado, destacan que el crecimiento de las plantas y otros parámetros mostraron que un éxito en términos de diseño de casas urbanas y resultados en la productividad de los cultivos.

En este punto es relevante relacionar lo planteado en nuestra hipótesis respecto a la obtención del conocimiento de los costos de los hidropónicos por parte de nuestros sujetos de estudio, ya que según sustenta Duarte et al., (2023), el conocimiento sobre la gestión y coste en la hidroponía permite un control preciso sobre el proceso de producción en invernaderos, eliminando incluso el uso de herbicidas y pesticidas. El uso de técnicas hidropónicas en un ambiente doméstico tiene ventajas adicionales ya que permite al consumidor elegir la especie a cultivar, la cual está inmediatamente disponible en el lugar de consumo.

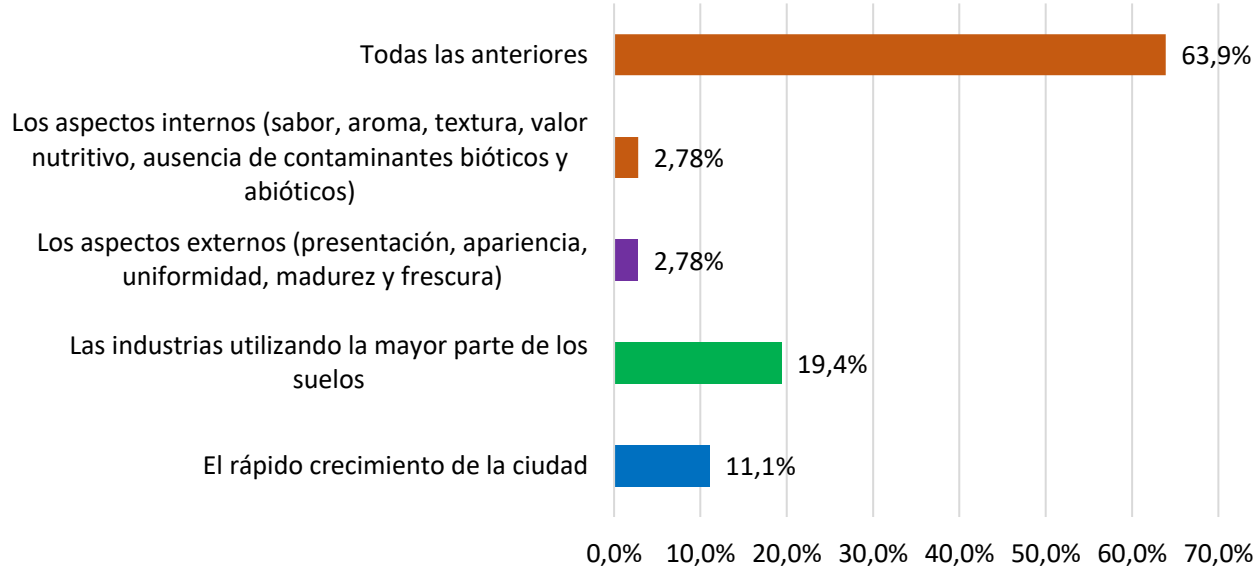
La posibilidad de producir alimentos, especialmente hortalizas de alta calidad, resulta hoy en día de gran importancia en zona altamente pobladas. Al cuestionar sobre este aspecto a nuestros sujetos de estudio en un 63.9% consideraron que la posibilidad se ve limitada, producto del rápido crecimiento de la ciudad, las industrias utilizando la mayor parte de los suelos, los aspectos externos del cultivo, mientras que con un 19.4% debido a las industrias utilizando la mayor parte del suelo, un 11.1% al

rápido crecimiento de la ciudad y un 2.8% en los casos de los aspectos externos e interno del cultivo.

Muchas de las iniciativas de cultivos hidropónicos son el resultado del intenso crecimiento demográfico en las regiones y la fuerte dependencia de las importaciones de alimentos lo cual provoca que muchas sociedades sufran de inseguridad alimentaria (Abedrabboh et al., 2023).

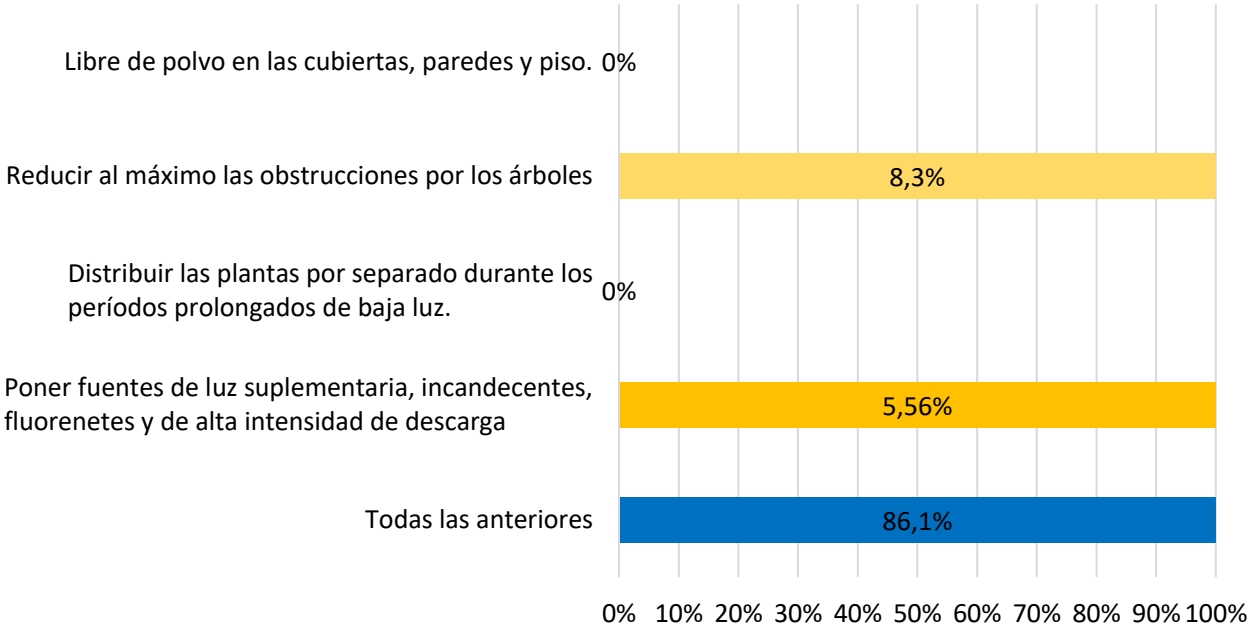
Según la percepción y conocimientos de los encuestados, alcanzados a través del contacto directo con los sistemas de producción de alimentos en invernaderos, es posible determinar que aparte con la asimilación de la automatización, existe la posibilidad de que conociendo los materiales se puedan verificar los costos (Ver figura 7).

Figura 7 Precepción de hacia dónde está limitada la producción de alimentos en invernadero



Sobre el funcionamiento los encuestados consideran en un 86.1% consideraron que se debe considerar que los invernaderos estén libres de polvos en las cubiertas, paredes y piso; reducir al máximo las obstrucciones por los árboles, distribuir las plantas por separado durante los períodos prolongados de baja luz, y poner fuentes de luz suplementaria, incandescentes, fluorescentes y de alta intensidad de descarga; un 8.3% dijo que se debe reducir al máximo las obstrucciones por los árboles y un 5.6% considera que se debe poner fuentes de luz suplementaria.

Figura 8 Requerimientos para maximizar las condiciones de luz que recibe el invernadero



En las técnicas de hidroponía y cultivo sin suelo, el control de la iluminación se puede adecuar a las necesidades del cultivo en cada momento, la fertilización carbónica, el empleo de productos fitosanitarios a través de la misma red de riego, el uso de sistemas que permiten adecuar la humedad ambiente a las necesidades del cultivo, sistemas de calefacción del aire y del suelo (Melgarejo Moreno, 2010).

Los encuestados conocen la estructura y funcionamiento de un invernadero además de los procesos inmersos en la producción de cultivos hidropónicos, por ello según se muestra en la figura 1, conocen empresas dedicadas a este sector en particular y mantienen una posición positiva para la posible adquisición y trabajo en esta modalidad. Al respecto Figueroa & Arévalo (2018), destacan que la implementación de este tipo de dispositivos será capaz de automatizar el trabajo de cuidado de las plantas albergadas, con intervención moderada de los seres humanos; controlando las variables necesarias para aumentar el desempeño de este tipo de cultivo.

Se reconoce que una de las prioridades en discriminación de los pasos inmersos en la implementación de hidroponía es el contar con espacio para su diseño e implementación que hará posible el montaje de la infraestructura, en este punto la población encuestada muestra, en más de la mitad conciencia de ello, en contraparte al visualizar el conocimiento de los tipos de cultivo a desarrollar proyectan

conocimiento de los tipos de cultivo a desarrollar los tipos de invernaderos.

Los encuestados en un porcentaje superior al 90% señalan conocer el funcionamiento de hidropónicos automatizados, destacando que el mejor modo de riego es por goteo. A partir de ello se fundamenta nuestra hipótesis que la producción de alimentos es importante para los estudiantes y la automatización del sistema para cultivos hidropónicos permitirá lograr el conocimiento de sus costos, aspectos que será logrado con la implementación de un hidropónico cerrado con los estudiantes del Centro Regional Universitario de Veraguas, Panamá.

Se justifica además la relevancia de la producción de alimentos y automatización del sistema para cultivos hidropónicos en la necesidad imperante de buscar nuevas alternativas de cultivos, debido al aumento de las poblaciones, escasez de suelos, acaparados por la industria, lo que induce al universitario a contribuir activamente en estas iniciativas desde su formación académica. Al respecto estudios como el de Matevosyan et al., (2023), sustentan que el crecimiento demográfico aumenta la demanda de alimentos en todo el mundo, sin embargo, es también prioritario visualizar la hidroponía en su utilidad no solo desde la orientación de cultivos sino también de interacción social, permitiendo así que los universitarios en este caso no solo comprendan el funcionamiento, sino que además gestión y costos desde la práctica.

CONCLUSIONES

La implementación de cultivos hidropónicos como herramienta educativa ha demostrado ser eficaz para que los estudiantes comprendan conceptos de sostenibilidad, gestión de recursos y agricultura moderna. La interacción con estos sistemas facilita el aprendizaje práctico de técnicas agrícolas avanzadas, promoviendo así una conexión significativa entre teoría y práctica en la formación académica de los estudiantes.

La automatización de los sistemas hidropónicos permite una gestión eficiente de recursos como el agua y nutrientes, reduciendo significativamente los costos operativos. A través de la implementación de sensores y controladores, los estudiantes observaron una mejora en la precisión del suministro de insumos, lo cual optimiza los rendimientos y refuerza la importancia de la tecnología para el desarrollo

agrícola sostenible.

Los resultados del estudio sugieren que la hidroponía automatizada es una solución viable para enfrentar la escasez de recursos y la presión sobre los suelos agrícolas, especialmente en entornos urbanos. Esta técnica no solo contribuye a la conservación del agua y la reducción de pesticidas, sino que también ofrece una alternativa sostenible y rentable para la producción de alimentos en entornos controlados, posicionándola como una herramienta fundamental para el futuro de la agricultura en el contexto local y global.

El desarrollo e implementación del sistema hidropónico automatizado en el CRU de Veraguas es necesario no solo como una herramienta educativa, sino también como un modelo práctico para la sostenibilidad agrícola. Con su implementación se capacitaría a los estudiantes en el manejo de tecnologías avanzadas y se demostraría el impacto de la gestión eficiente de recursos en la rentabilidad y viabilidad de los cultivos en espacios limitados, lo que respalda el potencial de la hidroponía como una solución clave para los desafíos ambientales y alimentarios del futuro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abedrabboh, O., Koç, M., & Biçer, Y. (2023). Sustainable food development for societies in hot arid regions: Thermoeconomic assessment of passive-cooled soil-based and hydroponic greenhouses. *Journal of Cleaner Production, 412.* https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137250

AGRITECHMURCIA. (2021). Uso de sensores para mejorar la eficiencia del fertirriego. Actualidad. Blog. https://acortar.link/M4Bh2f

Alan Neill, D., & Cortez Suárez, L. (2018). Procesos y fundamentos de la investigación científica. *Journal of Chemical Information and Modeling, 53*(9). http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14232/1/Cap.4-Investigaci%C3%B3n%20cuantitativa%20y%20cualitativa.pdf

Castro, J. D., Julio, G. G., & Rivera, J. G. M. (2014). Diseño de la automatización de un invernadero de plántulas de tomate rojo. *Ciencia e Ingeniería: Revista de investigación interdisciplinar en*

biodiversidad y desarrollo sostenible, ciencia, tecnología e innovación y procesos productivos industriales, 1(2), 3. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8742408.pdf

Duarte, T., Goncalves, P., & Dias, G. P. (2023). Low-cost smart hydroponic systems for home environment applications. https://doi.org/10.23919/CISTI58278.2023.10211845

Figueroa Arias, D. A., & Arévalo Arias, C. A. (2018). Diseño, construcción y automatización de un dispositivo cerrado para cultivos orgánicos en el hogar. http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/10016/00004859%20Figueroa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

González-Linch, E., Medina-Moreira, J., Alarcón-Salvatierra, A., Medina-Anchundia, S., & Lagos-Ortiz, K. (2019). Automated Hydroponic Modular System. *Advances in Intelligent Systems and Computing, 901*, 59-67. https://doi.org/10.1007/978-3-030-10728-4_7

Lara-Izaguirre, A. Y., Rojas-Velázquez, Á. N., Alcalá-Jáuregui, J. A., Alia-Tejacal, I., & Aguilar-Benítez, G. (2023). Cultivo de berenjena (Solanum melongena L.) en hidroponía bajo invernadero y malla sombra con estrés salino. I*nformación Técnica Económica Agraria, 119*(3). https://acortar.link/g69CkA

Lezcano, S. & Pittí, A. (2017). Razones que justifican el uso de la hidroponía en la agricultura protegida en ambiente controlado. https://upinforma.com/nuevo/info.php?cat=reportajes&id=70

Matevosyan, A., Tadevosyan, A., Tovmasyan, A., Asatryan, A., & Mairapetyan, S. (2023). Nutritional Value of Soybean under Outdoor Hydroponics and Soil Conditions of the Ararat Valley. *Functional Foods in Health and Disease, 13*(10), 533-546. https://doi.org/10.31989/ffhd.v13i10.1208

Mejía, F., Pérez, J., Ricaurte, B., Urieles, C., Melo, C., Bolaño, D., et al. (2018). Implementación de cultivos hidropónicos como estrategia pedagógica para el fomento de la investigación. *Cultura. Educación y Sociedad, 9*(3), 377-382. http://dx.doi.org/10.17981/culteduso c.9.3.2018.43

Melgarejo Moreno, P., Navarro Quercop, A., Legua Murcia, P., & Lidón Noguera, V. (2010). La iluminación en los invernaderos. Universitas Miguel Hernández.

http://dspace.umh.es/bitstream/11000/5465/1/La%20Iluminaci%C3%B3n%20en%20los%20Invernaderos.pdf

Mera, D. A., Sánchez, F. E., & Calvache, D. C. P. (2023). Implementación de un Sistema hidropónico sostenible para producción de hortalizas Tecnoacademia Itinerante Nariño (Imues): Propuesta de investigación. *CON-CIENCIA Y TÉCNICA, 7*(1), 34-39. https://revistas.sena.edu.co/index.php/conciencia/article/view/5060

MIDA. (2020). Cierre agrícola. Dirección de Agricultura. https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2021/08/CierreAgricola2019-2020.pdf.

Morales Córdova, D. A. (2018). Innovación social y acción colectiva, un estudio de caso: *Ecoagricultores del Sur. Estudios políticos (México),* (33), 75-95. https://www.scielo.org.mx/pdf/ep/n33/n33a5.pdf

Oyervides Cázares, M. (2018). Producción de pepino en cultivo sin suelo bajo condiciones de invernadero. Centro De Investigación en Química Aplicada. https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/463/1/Maria%20del%20Sagrario%20Oyervides.pdf

Rodríguez Pérez, D. (2011). parámetros para la localización y construcción de un invernadero. Documento Blog. https://acortar.link/zqLg9a

Rojas, O., Vaca, J. Z. y Vaca, Y. A. (2017). Implementación de un sistema automatizado para invernaderos hidropónico. [Tesis]. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/13093/1022343620.pdf?sequence=1&is%20Allowed=y

Rozilan, M. R., Mohd Rodzi, A. S., Faiz Zubair, A., Hemdi, A. R., Deraman, R., & Md Sin, N. D. (2023). Design and Fabrication of Nutrient Film Technique (NFT) Hydroponic System. *Lecture Notes in Electrical Engineering, 882*, 123-144. Scopus. https://doi.org/10.1007/978-981-19-1577-2_11

Samayoa Mérida, J. M. (2011). *Influencia de tres sustratos (arena, cascarilla de arroz y aserrín) en el rendimiento de cebolla (Allium cepa, Liliaceae) en condiciones de cultivo hidropónico*. [Tesis de

Licenciatura]. Universidad Rafael Landívar.

http://biblio3.url.edu.gt/Tesis/2011/06/14/Samayoa-Juan.pdf

Singh, A. K., McAvoy, R., Bravo-Ureta, B., & Yang, X. (2023). Greenbox technology i - technical feasibility and performance in warehouse environment. *Journal of the ASABE, 66*(5), 1077-1087. https://doi.org/10.13031/ja.15343

Vargas, E. F., Vargas, N. R., Vargas, R. B., Ramírez, D. B., & Moreno, A. R. (2016). Sustrato y sistema de riego óptimos para la producción de tomate bajo condiciones de invernadero. *I3+, 3*(1), 72-87. https://revistasdigitales.uniboyaca.edu.co/index.php/reiv3/article/download/162/156