



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del Examen de Grado de carácter
Complejivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad,
como requisito previo para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Manejo agronómico del cultivo de rábanos (*Rhapanus sativus*)
mediante hidroponía en el Ecuador.”

AUTOR:

Junior Sneider Vera Monserrate

TUTORA:

Ing. Agr. Cristina Maldonado Camposano, MAE.

Babahoyo - Los Ríos – Ecuador

2024

RESUMEN

La investigación trata sobre el manejo agronómico del cultivo de rábanos (*Rhapanus sativus*) mediante hidroponía en el Ecuador. Las conclusiones determinaron que los cultivos hidropónicos se fundamentan en la técnica de prescindir del suelo en favor de una solución acuosa enriquecida con nutrientes, entre otras opciones disponibles. Debido a su baja demanda de recursos, se posiciona como una alternativa más sostenible en comparación con la agricultura convencional. La hidroponía se refiere a la práctica de la agricultura sin suelo, en la que las plantas son cultivadas utilizando soluciones minerales. Esta técnica se basa en principios científicos y ha surgido como una forma sencilla de obtener sustento. Para establecer un vivero hidropónico de rábanos, las semillas de rábano se colocan a una profundidad de 2 a 3 cm en bandejas seleccionadas y se cubren uniformemente con algún sustrato inerte. Posteriormente, cree varios surcos a intervalos adecuados para cada semilla, coloque las semillas en consecuencia y proceda a taparlas una vez más. La Solución de Nutrientes Hidropónicos comprende una mezcla de diferentes fertilizantes que, al solubilizarse en agua, permiten que los elementos químicos que contienen se ionicen y, en consecuencia, sean asimilados eficientemente por las raíces de las plantas. En el ámbito del manejo de plagas, la disposición de trampas adhesivas de color amarillo y azul representa un recurso destacado para la detección y seguimiento de insectos y organismos nocivos. Las trampas adhesivas funcionan de manera similar al papel de mosca al capturar insectos mediante una sustancia adhesiva. Permite producir en mayor cantidad con cosechas libre de plagas y enfermedades sin contaminación de pesticidas.

Palabras claves: hidroponía, hortalizas, producción, sustrato

SUMMARY

The research deals with the agronomic management of the cultivation of radishes (*Rhapanus sativus*) using hydroponics in Ecuador. The conclusions determined that hydroponic crops are based on the technique of dispensing with soil in favor of an aqueous solution enriched with nutrients, among other available options. Due to its low demand for resources, it is positioned as a more sustainable alternative compared to conventional agriculture. Hydroponics refers to the practice of soilless agriculture, in which plants are grown using mineral solutions. This technique is based on scientific principles and has emerged as an easy way to earn sustenance. To establish a hydroponic radish nursery, radish seeds are placed at a depth of 2 to 3 cm in selected trays and evenly covered with some inert substrate. Subsequently, create several furrows at suitable intervals for each seed, place the seeds accordingly and proceed to cover them once again. The Hydroponic Nutrient Solution comprises a mixture of different fertilizers that, when solubilized in water, allow the chemical elements they contain to ionize and, consequently, be efficiently assimilated by the roots of the plants. In the field of pest management, the arrangement of yellow and blue sticky traps represents an outstanding resource for the detection and monitoring of insects and harmful organisms. Sticky traps work similar to fly paper by capturing insects using an adhesive substance. It allows producing in greater quantities with crops free of pests and diseases without contamination from pesticides.

Keywords: hydroponics, vegetables, production, substrate

CONTENIDO

RESUMEN.....	II
SUMMARY	III
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
MARCO METODOLÓGICO	2
1.1. Definición del tema caso de estudio	2
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. General	4
1.4.2. Específicos	4
1.5. Fundamentación teórica	4
1.5.1. Rábanos.....	4
1.5.2. Hidroponía	4
1.5.3. Manejo de hidroponía.....	9
1.5.4. Beneficios del sistema hidropónico	19
1.6. Hipótesis	21
1.7. Metodología de la investigación	21
CAPÍTULO II.....	22
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	22
2.1. Desarrollo del caso	22
2.2. Situaciones detectadas (hallazgo).....	22
2.3. Soluciones planteadas.....	23
2.4. Conclusiones.....	23
2.5. Recomendaciones	24
BIBLIOGRAFÍA	25

INTRODUCCIÓN

El rábano (*Raphanus sativus* L.) pertenece a la familia de las crucíferas originaria de la cuenca mediterránea y es rico en Ca, Fe, P, vitaminas (C, B1, B2, ácido nicotínico), fibra, carbohidratos, proteínas, lípidos y flúor. Contiene. También tiene propiedades diuréticas y antipalúdicas, y contiene compuestos de azufre que tienen propiedades anticancerígenas (Vaca 2022).

El cultivo del rábano en Ecuador se inició a mediados del siglo XX con la llegada de los españoles y desde entonces se cultiva por su alto valor nutricional. Actualmente el rábano se cultiva en un promedio de 14.455 hectáreas en el país, y las principales provincias productoras de rábano son Imbabura, Tungurahua, Cotopaxi, Chimborazo, Loja, Carchi, Bolívar y Pichincha (Alvarado 2021).

La hidroponía o cultivo sin suelo es una tecnología cuya importancia radica en el alto rendimiento por metro cuadrado, la alta eficiencia hídrica y la diversidad de cultivos compatibles que ofrece al agricultor, y en zonas áridas y semiáridas, constituye una interesante oportunidad de producción. En estos sistemas, el medio de crecimiento y/o soporte de las plantas está formado por sustancias de diferente origen (orgánicas e inorgánicas), la mayoría de las cuales son inertes o tienen un aporte de nutrientes muy bajo, por lo que las plantas del sistema necesitan que las plantas les aporten nutrientes. Construir soluciones nutricionales que proporcionen nutrición y permitan el crecimiento y el desarrollo (Birgi 2015).

La tecnología hidropónica se centra en la propagación de plantas herbáceas, evitando el uso de recursos terrestres y utilizando ubicaciones y áreas como tejados, suelos degradados, terrenos irregulares, invernaderos con o sin calefacción, etc. Partiendo de este concepto, se ha desarrollado tecnología que se basa en sistemas que proporcionan un sustrato (un medio que sostiene a las plantas) o una solución nutritiva estática o circulante sin sacrificar las necesidades de las plantas como calor, temperatura, humedad, agua, nutrientes, etc. (Ramírez 2019).

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

La información detallada en el presente documento tratará sobre el manejo agronómico del cultivo de rábanos (*Rhapanus sativus*) mediante hidroponía en el Ecuador.

En nuestro país las granjas hidropónicas cultivan lechugas, tomates, rábanos, pepinos, ajos, cebollas, zanahorias, arándanos, frambuesas, brócoli y melones, así como jengibre, lavanda, albahaca, cilantro y tomillo.

Se cultiva en cualquier espacio, solo se debe considerar las necesidades de las plantas y sus requerimientos nutricionales. La hidroponía surge como una solución de producción alternativa cuando las condiciones no son favorables, pero también requiere baja inversión, alta productividad y ganancias.

1.2. Planteamiento del problema

En condiciones hidropónicas, las plantas mostrarán un mejor rendimiento cuando el medio de transporte de nutrientes (en relación con sus raíces) sea ligeramente ácido, dentro del rango de pH de 5,5 a 6,8. Desde un punto de vista externo, es evidente que las raíces no tienen la capacidad de absorber esta combinación, incluso si se encuentra en una solución. Esto, indudablemente, ejerce un impacto sobre los organismos vegetales. Si el pH de la solución cae fuera del rango recomendado, ciertos minerales de la solución permanecerán inaccesibles para las plantas (Tank 2021).

Esta técnica demanda una atención cuidadosa y precisa en su implementación, puesto que los nutrientes en un sistema de recirculación están en constante movimiento. Por ende, es necesario asegurarse de que todas las hortalizas reciban los nutrientes en la cantidad adecuada y que estos circulen de

manera óptima con el fin de obtener resultados favorables. Además, la iluminación autogenerada es necesaria para el crecimiento de las plantas, lo que implica que cualquier pérdida de luz puede retrasar su crecimiento y suponer un problema para el sistema. También cabe señalar que la implementación de esta instalación es costosa pero finalmente produce resultados favorables (Albuja *et al.* 2021).

1.3. Justificación

La implementación de la hidroponía en América Latina tuvo como objetivo abordar desafíos relacionados con la disponibilidad de alimentos frescos y nutritivos. De ahí que la hidroponía se centre en popularizar y realizar adaptaciones que faciliten la utilización de materiales locales o reciclables. La implementación de sistemas hidropónicos presenta ventajas significativas para el bienestar y empoderamiento de las mujeres en las comunidades participantes, generando mejoras tangibles en su calidad de vida. Una calidad significativamente superior en comparación con los sistemas convencionales (Tank 2021).

La hidroponía es un método limpio y sencillo que elimina el riesgo de que enfermedades y plagas transmitidas por el suelo infecten los cultivos hidropónicos, ya que funciona sin tierra. Esto hace innecesario el uso de pesticidas y su correspondiente toxicidad. La producción agrícola en el sistema hidropónico puede alcanzar un incremento de rendimiento considerable, aproximadamente cien veces más que los métodos tradicionales de cultivo en suelo. Este sistema permite la posibilidad de generar cultivos durante todo el año, sin depender de las estaciones o de las fluctuaciones climáticas, gracias al control exhaustivo de los factores ambientales en el entorno controlado de los invernaderos (Reinoso 2021).

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Determinar el manejo agronómico del cultivo de rábanos (*Rhapanus sativus*) mediante hidroponía en el Ecuador.

1.4.2. Específicos

- Detallar las prácticas agrícolas del cultivo de rábanos mediante hidroponía en el Ecuador.
- Establecer los beneficios que aporta la producción de cultivos hidropónicos

1.5. Fundamentación teórica

1.5.1. Rábanos

Los rábanos son plantas de carácter herbáceo, que se desarrollan como anuales o bienales y son comúnmente cultivadas en ciclos anuales. Además, poseen un sistema de reproducción alógamo con niveles variables de autoincompatibilidad. Principalmente de forma periférica y gradualmente ensanchándose hacia arriba en una forma redondeada con un aspecto carnoso y de color blanco. Los tallos son erectos, huecos y alcanzan una altura de hasta 1,5 metros. Hojas basales dispuestas en roseta, de 5-30 cm de longitud, liradas, pinnatisectas, con lóbulos desiguales e irregularmente dentados. Las hojas ubicadas en el tallo muestran una menor presencia de lóbulos y dientes, miden aproximadamente 25-40 x 10-15 cm y presentan pecíolos de longitud inferior a los de las hojas situadas en la base de la planta. Flores con pedicelos de 7 a 0 milímetros, dispuestos en racimos tanto axilares como terminales (Reynoso 2015).

1.5.2. Hidroponía

Los cultivos hidropónicos han surgido como una alternativa a la agricultura convencional, con el objetivo principal de mitigar o eliminar las limitaciones del

crecimiento de las plantas asociadas con las características del suelo (FAO 2015).

El método de cultivo hidropónico con sistema de raíz flotante ofrece la posibilidad de cultivar vegetales en contenedores de madera o plástico colocados sobre una plataforma de poliestireno expandido que flota en una solución acuosa nutritiva. Esto se traduce en una gestión y utilización eficiente del espacio disponible. En este método, las raíces de las plantas se sumergen en una solución nutritiva en la que se controlan cuidadosamente el pH, la aireación y la concentración de sal. Esta técnica también se conoce como "flotación" debido a que las raíces de las plantas flotan en una mezcla de agua y nutrientes, con la planta apoyada sobre una tabla de poliestireno que flota sobre la superficie del líquido (Méndez 2017).

El avance actual de la técnica de cultivo hidropónico se basa en maximizar la eficiencia del espacio, minimizar el uso de agua y optimizar la producción y la calidad. Un sistema de cultivo hidropónico demuestra una notable eficiencia en el uso del agua en comparación con el cultivo convencional en suelo, debido a la pérdida significativa de agua por infiltración en las capas inferiores del terreno y evapotranspiración en el cultivo en suelo. En contraste, el cultivo hidropónico elimina por completo la infiltración de agua y reduce considerablemente la evapotranspiración al ser usualmente realizado en ambientes cerrados con alta humedad relativa. Al emplear el cultivo hidropónico, se logran cultivos de mejor salud y calidad (Oasis 2020)

La hidroponía comprende una serie de técnicas que posibilitan el cultivo de plantas en un sustrato exento de suelo. La hidroponía facilita el cultivo de plantas predominantemente herbáceas en estructuras simples o elaboradas, utilizando espacios como techos, suelos infértiles, terrenos accidentados, invernaderos con clima controlado, entre otros entornos. Desde este principio se han diseñado estrategias que se basan en medios de cultivo (materiales que proveen soporte a la planta) o en sistemas que suministran soluciones de nutrientes de manera estática o circulante, tomando en consideración los

requerimientos de la planta en cuanto a factores como temperatura, humedad, agua y nutrientes. El avance contemporáneo de las técnicas de cultivo hidropónico se basa en el uso eficiente de la tierra, el consumo mínimo de agua y la producción y calidad óptimas (Oasis 2020)

Facilita el cultivo de hortalizas en cajones de madera o plástico mediante el uso de una placa de poliestireno expandido que se encuentra flotando en una solución acuosa de nutrientes, lo que contribuye a optimizar la gestión y la utilización del área disponible para el cultivo. En esta técnica, las raíces de las plantas se sumergen en una solución nutritiva en la que se regulan cuidadosamente el pH, la aireación y la concentración de sal. Esta técnica también se conoce como "flotación" debido a que las raíces de las plantas están suspendidas en una mezcla de agua y nutrientes mientras la planta se sostiene sobre una tabla de poliestireno que flota en la superficie del líquido (Méndez 2017).

El Ministerio de Agricultura y Ganadería ha impulsado el avance de la hidroponía en el país, centrándose particularmente en los cultivos hidropónicos, como estrategia para promover la horticultura de pequeña escala o familiar. Esto se ha conseguido a través de sesiones de formación y programas de divulgación encaminados a proporcionar la información necesaria para la implementación de esta técnica (Valles 2020).

El término "hidroponía" se deriva de las palabras griegas "hidro", que significa agua, y "ponos", que connota trabajo, definiendo este término literalmente como trabajo en agua. La hidroponía se caracteriza por ser un método de cultivo contemporáneo que sustituye el suelo por una solución nutritiva en el proceso de crecimiento de los cultivos (Khan 2018).

La hidroponía se puede caracterizar como una tecnología de impacto ambiental limitado y de producción a pequeña escala. Con la implementación de esta tecnología de agricultura urbana, se optimiza de manera efectiva el tiempo de ocio que ciertos integrantes de la familia suelen tener, al cultivar plantas mediante un sistema hidropónico se favorece el incremento en la absorción de dióxido de carbono. Las productividades potenciales de los cultivos

hidropónicos, cuando se realizan en condiciones tecnológicas óptimas, superan las logradas mediante el sistema de cultivo hortícola tradicional (López 2019).

Hidroponía tiene su origen etimológico en las palabras griegas 'hidros', que significa agua, y 'ponos', que se refiere al trabajo o labor. Por lo tanto, la hidroponía se define como un sistema de producción donde las raíces de las plantas no se desarrollan en el suelo, sino en sustratos o soluciones que contienen nutrientes disueltos indispensables para el crecimiento vegetal (Mabela 2018).

La hidroponía es una novedosa técnica agrícola que permite controlar de forma precisa tanto los factores ambientales como los elementos que inciden en el crecimiento de los cultivos para maximizar su rendimiento de manera continua. Esta práctica ofrece la ventaja de garantizar la higiene de los cultivos, al mantenerlos libres de bacterias, hongos y parásitos que podrían comprometer su calidad y salud, lo cual constituye un riesgo común en la agricultura convencional (Andrade 2020).

El cultivo hidropónico es actualmente uno de los métodos más utilizados en la agricultura profesional y en diversas plantaciones comunales o familiares. Este método implica elevar los niveles de nutrientes de las plantas mediante riego, una característica principal de los sistemas hidropónicos. A diferencia del cultivo tradicional, la hidroponía no involucra el suelo; en cambio, se utiliza un sustrato para apoyar el crecimiento de las plantas, asegurando un desarrollo adecuado. Cabe destacar que los sistemas hidropónicos contemporáneos permiten que las plantas prosperen en un ambiente acuático provisto de nutrientes esenciales (Calvo 2020).

El cultivo hidropónico es actualmente uno de los métodos más utilizados en la agricultura profesional y en diversas plantaciones comunales o familiares. Este método implica elevar los niveles de nutrientes de las plantas mediante riego, una característica principal de los sistemas hidropónicos. A diferencia del cultivo tradicional, la hidroponía no involucra el suelo; en cambio, se utiliza un

sustrato para apoyar el crecimiento de las plantas, asegurando un desarrollo adecuado. Cabe destacar que los sistemas hidropónicos contemporáneos permiten que las plantas prosperen en un ambiente acuático provisto de nutrientes esenciales (López 2019).

En cuanto a la hidroponía, centrándonos específicamente en el cultivo en base agua, existen diversos sistemas de producción como el Nutrient Film Technique (NFT), el Deep Water Culture (DWC) con lechos flotantes, y otros derivados basados en estos métodos. Uno de los métodos más ampliamente empleados a escala global es el uso de Sistemas de Cultivo Hidropónico sin Sustrato (NFT) en la producción de una variedad de hortalizas tales como fresas, tomates, rábanos, lechugas, pepinos, pimientos, hierbas aromáticas, entre otros. Este folleto se centrará en el sistema NFT y detallará sus componentes y funcionamiento (Intagri. 2023).

La hidroponía, también conocida como "cultivo sin suelo", permite la producción de vegetales frescos, saludables y abundantes en espacios domésticos pequeños con un consumo mínimo de agua y trabajo físico. Este método de cultivo requiere dedicación y esfuerzo constante, a menudo utilizando materiales desechados que de otro modo contribuirían a la contaminación (López 2019).

La hidroponía en Ecuador se introdujo por primera vez a principios de la década de 1990, mediante la implementación de técnicas holandesas sin modificaciones. Esto condujo al cultivo de cultivos más sanos y libres de microorganismos patógenos y contaminación ambiental. En sus primeras etapas, esta estrategia no logró alcanzar su potencial debido a que la adopción de esta tecnología implicaba un costo sustancial que no se consideraba rentable por parte de los agricultores en Ecuador (Rubio 2017).

Al preparar el contenedor, el procedimiento para establecer el sistema hidropónico de raíz flotante (FRHS) implica seguir los siguientes pasos para su implementación (Villafuerte 2020).

- Colocar el recipiente de manera nivelada en la superficie del suelo.

Según la capacidad del recipiente, se dispone la cantidad de litros de agua correspondiente. Por ejemplo, si el recipiente tiene un volumen de 1 metro cuadrado, normalmente caben aproximadamente 100 litros de agua.

- Indicar la ubicación en la plancha de poliestireno expandido: En una superficie de un metro cuadrado, dejar un borde de 10 centímetros, trazar líneas para formar un cuadrículado separado por 20 centímetros, señalar los puntos de perforación y proceder a realizar perforaciones de 2 centímetros de diámetro en cada uno de estos puntos. La lámina perforada debe contener 25 perforaciones para la colocación de las plantas de lechuga.

- Ubicar la plancha perforada estilo balsa dentro del recipiente. Cortar la esponja en trozos de 3 cm y posteriormente realizar una incisión hasta el centro. Posteriormente, colócalas en un recipiente lleno de agua limpia.

Separar las plántulas del semillero y enjuagar sus raíces con cuidado hasta que no queden residuos.

Retire con cuidado las hojas primarias y coloque las plantas sobre la esponja". "Retire con cuidado las hojas primarias y coloque las plantas sobre la esponja.

Coloca las plántulas en la bandeja de espuma, asegurándote de que las raíces permanezcan rectas y en contacto con el agua. Elevar el panel de espuma de poliestireno para verificar la correcta disposición de las raíces.

Implementar el aporte de nutrientes a través de una solución acuosa. El nutriente principal precede al secundario en función de la proporción de agua disponible.

- Se recomienda agitar el agua manualmente para crear burbujas con el fin de promover la oxigenación y distribución de nutrientes en el acuario al menos tres veces al día, incluso durante los fines de semana (Villafuerte 2020).

1.5.3. Manejo de hidroponía

Preparación del sustrato.

El sustrato se preparó utilizando los siguientes materiales en las siguientes proporciones: 60% cascarilla de arroz y 40% arena de río. Las cáscaras de arroz se sometieron a un tratamiento previo que consistió en remojarlas en agua durante dos semanas, cambiando el agua cada dos días. Se

encontró que el sustrato estaba húmedo dentro de los contenedores (bolsas) (Rosado 2019).

La cascarilla de arroz fue sometida a un proceso de tratamiento que consistió en remojarla durante 10 días en tanques de 200 litros. El día inicial de remojo se desinfectó con 300 cc de cloro comercial por un periodo de 24 horas. Diariamente se procedía a cambiar y refrescar el agua. Luego del proceso de remojo, se colocó sobre plástico negro para ventilarlo durante tres días con el fin de disipar el olor característico de la fermentación y así dejarlo listo para mezclar. Se procedió a lavar la arena de río, que contaba con un diámetro medio de un milímetro, utilizando una cantidad generosa de agua. Posteriormente, se permitió que se escurriera durante un período de dos días, preparándola de esta manera para su uso en la mezcla requerida. Posteriormente, se procedió a homogeneizar la combinación tomando dos porciones (volumétricas) de cascarilla de arroz y una porción (volumétrica) de arena, y colocándola en bolsas plásticas permeables que permitieran el drenaje completo hasta el borde de las mismas (Amores 2017).

Semillero

Se sembraron semillas de rabanitos en cinco cajas Petri conteniendo papel filtro, las cuales se humedecieron con agua y se dejaron en condiciones de germinación durante un período de cinco días (López 2019).

Bandejas con sustrato de turba se utilizaron para la germinación de las semillas. El período de retención de las plántulas fue de 23 días, momento en el cual fueron trasladadas a los contenedores debido a la presencia de cuatro hojas verdaderas (Amores 2017).

Debido a los desafíos asociados con la germinación exitosa, se procedió inicialmente con el proceso de germinación de las semillas de rábano en bandejas que contenían algodón previamente humedecido. Después de que las semillas comenzaron a germinar, fueron colocadas en bandejas germinadoras de 50 celdas que contenían turba húmeda. Posteriormente, se sembraron a una profundidad de 5 mm y se cubrieron con 15 mm del mismo sustrato. El suministro

de solución nutritiva se estableció al emerger la primera hoja verdadera (Garcia *et al.* 2021).

La siembra se realizó en semilleros o semilleros para los tres cultivos; para ello se utilizó una bandeja de germinación, en la cual se colocó el sustrato (turba-musgo) dentro de las cavidades, asegurando el nivel uniforme del sustrato. Se delimitaron trayectorias o incisiones con una regla a una profundidad cercana a los 2 centímetros. Las semillas de los tres cultivos se colocaron dejándolas caer en las hileras o surcos, y posteriormente se cubrieron con el mismo sustrato. El riego se realizó dos veces al día con el fin de mantener niveles adecuados de humedad del sustrato hasta que las plántulas germinaran y emergieran. El riego con la solución nutritiva estándar comenzó al emerger las primeras hojas verdaderas (Becerra *et al.* 2019).

Las plántulas se establecieron inicialmente en bandejas de germinación utilizando turba como sustrato, donde permanecieron durante 15 días. Posteriormente, fueron trasplantadas a sus contenedores de cultivo definitivos (Rosado 2019).

Pretrasplante.

El experimento se realizó una vez que las plántulas de rábano alcanzaron un nivel adecuado de desarrollo. El trasplante inicial se realizó sobre láminas de teflón (Thermocol), colocadas a una distancia de 0,05 m x 0,05 m, con las plántulas aseguradas en su lugar con material de esponja (Garcia *et al.* 2021).

Preparar el Método de Canales de Siembra

Los recipientes se prepararon con fibra de coco (sustrato) para facilitar el trasplante de las plántulas de rábano (López 2019).

Llenado de los contenedores.

Una vez que el sustrato estuvo debidamente acondicionado, fue colocado en los contenedores, específicamente en las fundas de polietileno. Se llenó la tercera parte de cada funda, dejando un espacio de 10 cm sin sustrato (Rosado 2019).

Trasplantar Plántulas

Se riega el sustrato con la solución nutritiva hasta que se humedece. Luego de la etapa de germinación, las semillas de rábano fueron trasladadas a los surcos de siembra. Se practican orificios de 2 cm de profundidad a lo largo de los surcos en la mamerta utilizando el dedo. Implementar un patrón de siembra en forma de zigzag para la distribución de la semilla. Cada semilla de rábano germinada se coloca cuidadosamente en cada hoyo, asegurándose de que la semilla quede colocada en la parte inferior con la hoja encima. Los seis surcos son regados con la solución hasta que se observe el inicio de la filtración a través de los orificios (López 2019).

El experimento se realizó utilizando plántulas obtenidas de contenedores previos al trasplante, las cuales posteriormente se colocaron en cajas de madera con dimensiones internas de 0,55 m ancho x 1,07 m largo x 0,19 m alto. Recipientes de plástico con un orificio en la base fueron empleados para albergar las plántulas, facilitando su exposición a la solución nutritiva (García *et al.* 2021).

El trasplante se realizó al sistema hidropónico diseñado en tubos de PVC cuando las plántulas alcanzaron la etapa de tener 3 hojas verdaderas, con una altura aproximada de 5 cm. Las plántulas de lechuga fueron trasladadas al sistema dos semanas después de haber sido sembradas. Las plántulas se retiraron del semillero y sus raíces se lavaron de residuos de sustrato. Se colocó una banda circular de células de fibra alrededor del tallo de la plántula para asegurarlo en el orificio del tubo, permitiendo que las raíces se sumergieran en la solución nutritiva (Becerra *et al.* 2019).

El trasplante se realizó transfiriendo plántulas desde las bandejas de plántulas a los contenedores (bolsas); Se cavaron hoyos anchos y profundos (tanto como lo permitiera la profundidad del sustrato), cuidando de no perforar el plástico del fondo, colocando 12 bolsas en un área de 2 m². En cada recipiente, la planta se colocó cuidadosamente para asegurar que las raíces no se tuerzan y que el tallo quede posicionado un centímetro por debajo de la superficie del sustrato. Durante el proceso de colocación del sustrato alrededor de la raíz, se

compactó de manera suave con el fin de evitar la presencia de espacios de aire que pudieran quedar en contacto directo con la raíz (Rosado 2019).

El trasplante se realizó el día 23, cuando las plántulas habían desarrollado cuatro hojas verdaderas. En cada recipiente con el sustrato prehumedecido se colocó cuidadosamente una plántula, procurando que las raíces queden orientadas hacia abajo y extendidas dentro del hoyo. Cada parcela estuvo compuesta por 4 surcos y 5 plantas por surco, totalizando 20 plantas por parcela (Amores 2017).

Construir el Sistema Hidropónico para Manejo de Cultivo

Se desarrolló un sistema de irrigación por gravedad mediante un circuito cerrado, el cual hizo uso de materiales reciclados para maximizar la eficiencia en el uso del agua, y optimizó la utilización de áreas como azoteas y pasadizos (López 2019).

El experimento involucró bolsas de polietileno con una capacidad de 10 libras, las cuales se llenaron con un sustrato mixto (60 % cáscara de arroz y 40 % arena) previamente humedecido, desinfectado y lavado. Las plántulas de pimiento se trasplantarán a estas bolsas (Amores 2017).

Cubierta con sarán y plástico

Con el propósito de resguardar las plantas de las elevadas temperaturas, se aplicó una cobertura compuesta por tela de sombra al 60% de densidad y material plástico transparente con el fin de prevenir posibles perjuicios por la exposición a la lluvia en las soluciones nutritivas (García et al. 2021).

Calidad del agua

El agua representa uno de los factores limitantes más críticos en hidroponía cuando su calidad no es óptima. Primordialmente, la elección de sustratos inertes o de una solución nutritiva en la hidroponía se justifica por su capacidad para suministrar a las plantas todos los minerales esenciales para su desarrollo. Es crucial que estos minerales sean completamente disueltos en agua de alta calidad para garantizar la estabilidad de la composición química de

la solución y así asegurar la disponibilidad constante de nutrientes para las plantas (ENVIRONMENT 2020)

La frecuencia de riego fue diaria; sin embargo, en ocasiones de alta temperatura ambiente y luminosidad, se incrementó a dos veces al día (mañana y tarde). Además, se administró en dos ocasiones durante la fase de fructificación. La solución nutritiva fue aplicada inmediatamente después del primer riego, el cual se realizaba dos veces al día. El sistema de riego que se implementó tenía un gran parecido con el sistema de riego por goteo. Se emplearon cisternas elevadas que se llenaban con agua del río mediante una bomba de caudal. Estas cisternas estaban conectadas a mangueras de 8 milímetros de diámetro que se distribuyeron a lo largo de cada fila de repeticiones. Cada planta recibió 1,5 litros de agua por evento de riego (Amores 2017).

Solución nutritiva

La concentración de las soluciones nutritivas varió según la variedad de planta y su estado vegetativo predominantemente. La formulación utilizada en este estudio fue recomendada por la estación japonesa del Centro Internacional ubicado en Tsukuba, Japón (Becerra *et al.* 2019).

Preparación de solución nutritiva

Preparar la solución nutritiva de manera adecuada requiere observar dos directrices fundamentales desde el inicio: Es crucial evitar la mezcla directa de las soluciones concentradas "A" y "B" sin dilución en agua, ya que esto podría provocar la desactivación de una significativa cantidad de nutrientes presentes en cada una, resultando en efectos perjudiciales en lugar de beneficiosos para los cultivos. El proceso de licuado debe realizarse únicamente en agua, añadiendo primero una sustancia y luego la otra. La proporción original a utilizar en la preparación de la solución nutritiva es de cinco (5) partes de solución concentrada "A" por dos (2) partes de solución concentrada "B" por litro de solución nutritiva que se desea preparar (Rosado 2019).

La composición de la solución nutritiva fue establecida de la siguiente

manera para los tres cultivos: 800 gramos de sulfato de magnesio ($MgSO_4$), 1600 gramos de nitrato de calcio $Ca(NO_3)_2$, y 400 gramos de la formulación de nitrógeno y fósforo 11-60-00, se añadieron a un volumen de agua de 20 litros. Se procedió a la preparación de las formulaciones A y B con el fin de incorporar los macronutrientes y micronutrientes correspondientes. Los parámetros de conductividad eléctrica (CE) y potencial de hidrógeno (pH) fueron evaluados a diario en la solución para los tres cultivos mencionados (tomate, pepino y lechuga) (Becerra et al. 2019).

Se administró solución nutritiva a las plántulas poco después del trasplante (entre el primer y séptimo día post-trasplante), aplicándose una concentración estándar (2,5 cc de Solución A y 1 cc de Solución B por litro de agua). Tras siete días desde la siembra, se procedió a emplear la concentración total, consistente en 7 cc de solución A y 4 cc de solución B por cada litro de agua. La solución nutritiva se aplicó para riego seis de los siete días de la semana, ya sea en las mañanas de 7 a 8 horas o en las tardes de 17 a 18 horas. Durante estas aplicaciones, las plantas fueron regadas con agua pura y el doble del volumen estándar, sin adición de ningún nutriente (Rosado 2019).

Los elementos de la solución nutritiva "Madre" compuesta por la solución concentrada A, combinada con la solución concentrada B, junto con la solución concentrada de micronutrientes, deben almacenarse en recipientes distintos. Se aconseja no combinar la solución concentrada A con la solución concentrada B sin la presencia de agua, ya que una parte importante de los nutrientes disueltos pueden inactivarse, provocando un resultado más perjudicial que beneficioso para las plantas. Se debe colocar agua en un recipiente, preferiblemente de plástico, y luego agregar la dosis prescrita de solución concentrada A. Se debe agitar la mezcla, después de lo cual se debe agregar la dosis prescrita de solución concentrada B y agitar nuevamente (Amores 2017).

Analisis	Resultados del laboratorio	Conversión
EC	0,45 mS/cm	452 μ S/cm
pH	7,2	7,2
Ca ⁺⁺	0,8 mMol/l	32 ppm
Mg ⁺⁺	0,25 mMol/l	6 ppm
Na ⁺	1,9 mMol/l	44 ppm
K ⁺	0,06 mMol/l	2 ppm
Cl ⁻	2,4 mMol/l	85 ppm
PO ₄ ⁻⁻⁻	mMol/l	ppm
CO ₃ ⁻⁻⁻	mMol/l	ppm
HCO ₃ ⁻	1,9 mMol/l	116 ppm
SO ₄ ⁻	0,31 mMol/l	30 ppm

Si el valor pH del agua original disponible es mayor a 6,5, es recomendable efectuar un ajuste previo a la preparación de la solución nutritiva (ver hoja # 1b).

Los resultados de los

Celdas rojas en esta columna indican que el agua analizada está fuera de límites de potabilidad

Figura 1. programa de análisis de formulación de solución nutritiva

Composición iónica total: SALES + AGUA									
N(NO ₃)	N(NH ₄)	P(PO ₄)	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	Na ⁺	SiO ₂ ⁻
3,10	0,85	0,65	8,06	4,56	1,97	2,34	2,40	1,90	1,65
mMol/L									
Fe ⁺⁺	Mn ⁺⁺	B ⁺⁺⁺	Cu ⁺⁺	Mo ⁶⁺	Zn ⁺⁺				
103,86	14,562	31,599	0,995	0,520	1,000				
μMol/L									

Figura 2. Composición iónica de sales

El pH de la solución nutritiva.

El rango de pH óptimo para la solución nutritiva está entre 5,8 y 6,3. Los micronutrientes muestran una mayor disponibilidad a niveles de pH más bajos, sin embargo, si el pH desciende por debajo de 5.5, existe la posibilidad de que se presente toxicidad de los micronutrientes, así como complicaciones en la absorción del calcio y el magnesio. En el cultivo hidropónico, particularmente en sistemas cerrados, la actividad de las raíces tiene un impacto en el pH de la solución nutritiva, lo que provoca fluctuaciones en los niveles de pH. (Rodríguez 2019)

Altura de lámina de la solución nutritiva

Este sistema se basa en la recirculación continua de una fina película de solución nutritiva, permitiendo tanto la oxigenación de las raíces como el aporte de nutrientes y agua al cultivo. La lámina debería mantenerse a una altura máxima de 5 mm, idealmente, con el fin de promover la adecuada oxigenación de la solución y de las raíces. Sin embargo, se han introducido sistemas NFT, particularmente al emplear sustratos como lana de roca o turba, donde en las fases iniciales la profundidad de la solución puede llegar hasta 2 cm, con la finalidad de potenciar la eliminación de exudados radiculares a pesar de una disminuida oxigenación obtenida. La altura y el flujo de la solución nutritiva son factores cruciales para garantizar una aireación adecuada de las raíces (Intagri. 2023).

Flujo de la solución nutritiva

El caudal sugerido para esta técnica de cultivo hidropónico es de aproximadamente 2 litros por minuto, sin embargo, las variaciones reportadas por los practicantes de este método oscilan entre 1 y 4 L/min. Este flujo permite que las raíces de las plantas tengan un suministro adecuado de oxígeno, agua y nutrientes". Alternativa: "Este flujo hidráulico permite que las raíces de las plantas accedan a un suministro suficiente de oxígeno, agua y nutrientes. Sin embargo, durante la fase de crecimiento del cultivo, el flujo de solución puede aumentar como resultado del crecimiento de las raíces. El crecimiento excesivo de las raíces obstaculiza la circulación adecuada de la solución nutritiva en el caso de los cultivos de hortalizas de fruto, aunque no se observa dicha problemática en el caso de la lechuga y otras hortalizas (Intagri. 2023).

Oxigenación de la solución nutritiva

Esta tarea se realizó desde el trasplante, dos veces al día durante el período de fotosíntesis entre las 7 am y las 6 pm, asistido por la bomba sumergible activada por un temporizador de energía para ese horario (Garcia et al. 2021).

Las plantas cultivadas en el sistema de película nutritiva (NFT) adquieren

oxígeno tanto de la solución nutritiva como de la porción expuesta de las raíces a la atmósfera en el interior de los canales de cultivo. Las especies hortícolas presentan diversos requisitos para diferentes concentraciones de oxígeno disuelto en la solución nutritiva (Intagri. 2023).

Controlar Plagas con Extracto Botánico

El extracto de *Capsicum baccatum*, en combinación con la Capsaicina, fue empleado con el propósito de llevar a cabo un efecto insectistático que contribuye a la regulación de la abundante población de plagas en los cultivos, debido a su capacidad de interrumpir la función de los espiráculos y bloquear la actividad de la cadena transportadora de electrones (López 2019).

Esta tarea se llevó a cabo mediante actividades de monitoreo diario realizadas en el área de prueba destinadas a identificar la presencia de insectos plaga como pulgones, arañas y chinches. Se utilizó repelente de insectos elaborado de forma artesanal a base de plantas con propiedades biocidas, tales como extracto de neem, extracto de ajo y una solución jabonosa (Rosado 2019).

Realizar una inspección minuciosa de la huerta hidropónica diariamente o cada dos días resultará en una significativa reducción en la población de insectos, ya que la eliminación gradual y regular en distintas etapas de su ciclo vital ayudará a interrumpir la reproducción de las plagas. Instalar banderas de color amarillo vibrante fabricadas en plástico, las cuales deben estar previamente tratadas con aceite de transmisión o aceite de caja de cambios de vehículos automotores. Se ha observado que el color amarillo atrae numerosas especies de insectos que, al aterrizar en la lámina de plástico, quedan atrapado (Villafuerte 2020).

Se llevó a cabo un seguimiento diario en el sitio de estudio, donde se observó la presencia de ácaros a los 7 días posteriores al trasplante. Para su manejo, se utilizó un extracto de Neem, reconocido por su efecto repelente e insecticida de origen vegetal. La preparación consistió en una infusión de 1200 gramos de material vegetal de neem por cada 10 litros de agua. La dosis administrada fue de 50 centímetros cúbicos. del extracto/litro de agua (Amores 2017).

Control de enfermedades

El seguimiento continuo es crucial para identificar rápidamente los síntomas. Se recomienda realizar podas fitosanitarias (remoción de partes afectadas) de manera inmediata al detectarse síntomas para reducir la carga de patógenos presentes. Garantizar una adecuada ventilación de los cultivos. Se pueden utilizar fungicidas que contengan ingredientes activos como Carbendazim, azoxistrobina, mancozeb, tebuconazol, sulfato de cobre (mezcla burdeos), entre otros (Saavedra et al. 2017).

Cosecha

Esta tarea se realizó una vez que las plantas alcanzaron su máximo desarrollo foliar, evitando así el alargamiento del tallo (Garcia et al. 2021).

La recolección se llevó a cabo cuando el fruto alcanzó el grado apropiado de madurez fisiológica, entre los 25 y 30 días después de cierto periodo de tiempo (Rosado 2019).

Una de las ventajas fundamentales de la hidroponía en comparación con la agricultura convencional radica en su capacidad para lograr una productividad superior. De acuerdo con ciertos investigadores, la técnica de cultivo hidropónico da lugar a una producción que supera entre dos y diez veces la obtenida de las plantas cultivadas de manera convencional. Este aumento de la productividad se produce en un plazo y una huella espacial reducidos en comparación con la agricultura tradicional. (Beltrano y Gimenez 2015).

1.5.4. Beneficios del sistema hidropónico

Mediante la aplicación de la técnica de hidroponía, es factible lograr la producción de hortalizas de alta calidad y saludables, lo que conlleva a una mayor eficiencia en la gestión del agua y de los nutrientes. Considerando la experiencia acumulada, se observa que los rendimientos por unidad de superficie cultivada son significativos gracias a una mayor densidad de siembra, un incremento en la productividad por planta y una mayor eficacia en la utilización de recursos como el

agua, la luz y los nutrientes (Vargas 2021).

La hidroponía es un sistema de producción de cultivos que implica el cultivo de plantas en ausencia de sustrato, colocando las raíces de las plantas en un medio acuoso con nutrientes disueltos. Este método de cultivo demuestra un menor consumo de agua en comparación con técnicas alternativas, lo que permite el cultivo de plantas a gran escala (Coronado 2023).

No se trata de una metodología contemporánea para la agricultura de plantas, sino más bien una técnica ancestral; en épocas antiguas, diversas culturas y civilizaciones emplearon este enfoque como principal sustento. Esta metodología agrícola se suele vincular comúnmente con el desarrollo de extensas estructuras de invernadero destinadas al cultivo de vegetación, así como a la utilización de avanzada tecnología. No obstante, los inicios de la hidroponía fueron notablemente más sencillos en términos de aplicación y componentes requeridos. El avance actual de las técnicas de cultivo hidropónico se basa en los principios de maximizar la producción y la calidad minimizando la utilización del espacio y el consumo de agua (Vargas 2021).

Aunque el agua es fundamental para el desarrollo de los cultivos, se emplea de manera efectiva en el sistema de cultivo hidropónico. Esto ayuda a prevenir el desperdicio y facilitar la posible recirculación. En el contexto de la agricultura tradicional, el agua utilizada para el riego de las plantas no se aprovecha al máximo (Moreira 2022).

Uno de los beneficios de la hidroponía es la capacidad de regular los niveles de nutrientes proporcionados a cada planta, lo que acelera el crecimiento de las plantas y mejora la calidad del producto final. Las raíces se sumergen en una solución de agua y nutrientes, que es regulada por un sistema de bombas y tuberías que facilitan el mantenimiento del equilibrio adecuado de oxígeno, pH y nutrientes en el medio de cultivo (Coronado 2023).

La hidroponía permite el cultivo en zonas donde existen limitaciones ambientales, como la escasez de agua o la ausencia de suelo

adecuado para los cultivos. Además, en hidroponía, se elimina la necesidad de utilizar herbicidas, ya que no hay suelo para que crezcan las malas hierbas, lo que se traduce en ahorros de costes, tiempo y mano de obra (Moreira 2022).

Se trata de una técnica que prescinde de la utilización de sustratos naturales en sus cultivos, optando por la disolución directa de los nutrientes y compuestos químicos necesarios para el crecimiento de las plantas en el agua. De este modo, se obtienen una serie de beneficios en comparación con los métodos convencionales de cultivo del suelo. Desde el ahorro económico o la optimización del espacio hasta la posibilidad de cultivar más en menos tiempo manteniendo la calidad (Borrero 2022).

Debido a la capacidad de la hidroponía para gestionar con meticulosidad la administración de agua y nutrientes en los cultivos, se derivará en una calidad superior de productos en contraposición a los obtenidos en terrenos al aire libre. Además, posibilita la reducción de recursos destinados a abonos y fertilizantes, dado que su sistema tecnológico está concebido para una distribución precisa de los mismos (Moreira 2022).

1.6. Hipótesis

Ho= No es eficiente el manejo agronómico del cultivo de rábanos mediante sistemas hidropónicos.

Ha= Es eficiente el manejo agronómico del cultivo de rábanos mediante sistemas hidropónicos.

1.7. Metodología de la investigación

Para la elaboración del documento se recopiló información de textos actualizados, revistas, bibliotecas virtuales y artículos científicos, que contribuyen al desarrollo de esta información y sirvieron como parte práctica del

trabajo de graduación.

La información obtenida fue resumida, editada y analizada para obtener información relevante sobre el tema en estudio.

CAPÍTULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

Este documento proporcionó un análisis en profundidad del manejo agronómico del cultivo de rábano (*Rhapanus sativus*) mediante hidroponía en Ecuador.

Los cultivos de rábanos son altamente susceptibles a la escasez de agua, por lo tanto, se requiere monitorear constantemente la humedad del suelo para asegurar un adecuado nivel de humedad, evitando al mismo tiempo el encharcamiento. Para lograr esto, puede considerarse seleccionar un programador de riego que garantice un riego adecuado y de alta calidad para esta planta, permitiendo así su integración perfecta en un sistema hidropónico para mejorar la productividad.

2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)

Actualmente no se dispone de evidencia científica que respalde los estudios o descubrimientos relacionados con la implementación de técnicas hidropónicas en el cultivo de rábano en el contexto ecuatoriano.

Es imprescindible implementar un régimen de riego más riguroso, que se adecúe a los requerimientos hídricos de la planta y se mantenga de manera constante a lo largo del tiempo. La implementación del control del riego se puede lograr fácilmente mediante la automatización de los procesos de riego, lo que requiere la utilización de recursos energéticos.

Los sistemas hidropónicos suelen estar situados en entornos cerrados, como residencias, edificios comerciales e invernaderos, que normalmente se caracterizan por una capacidad espacial limitada. Normalmente se limita a la exclusión de la práctica de cultivar árboles frutales, así como la mayoría de las especies de plantas arbustivas.

2.3. Soluciones planteadas

Una mayor seguridad alimentaria se logra debido a la inexistencia de enfermedades que surgen en la agricultura convencional, así como a la eliminación del uso de sustancias químicas en la producción de alimentos.

Mayor eficiencia productiva, dado que logran generar entre tres y diez veces más rendimiento agrícola que los métodos convencionales en una extensión equivalente de terreno. Además, las plantas exhiben un crecimiento acelerado, madurando en la mitad del tiempo típico. No se requieren herbicidas ni pesticidas ya que las plantas están protegidas de malezas e insectos, lo que hace innecesario el uso de dichos productos.

2.4. Conclusiones

Los cultivos hidropónicos se fundamentan en la técnica de prescindir del suelo en favor de una solución acuosa enriquecida con nutrientes, entre otras opciones disponibles. Debido a su baja demanda de recursos, se posiciona como una alternativa más sostenible en comparación con la agricultura convencional.

La hidroponía se refiere a la práctica de la agricultura sin suelo, en la que las plantas son cultivadas utilizando soluciones minerales. Esta técnica se basa en principios científicos y ha surgido como una forma sencilla de obtener sustento.

Para establecer un vivero hidropónico de rábanos, las semillas de rábano

se colocan a una profundidad de 2 a 3 cm en bandejas seleccionadas y se cubren uniformemente con algún sustrato inerte. Posteriormente, cree varios surcos a intervalos adecuados para cada semilla, coloque las semillas en consecuencia y proceda a taparlas una vez más.

La Solución de Nutrientes Hidropónicos comprende una mezcla de diferentes fertilizantes que, al solubilizarse en agua, permiten que los elementos químicos que contienen se ionicen y, en consecuencia, sean asimilados eficientemente por las raíces de las plantas.

En el ámbito del manejo de plagas, la disposición de trampas adhesivas de color amarillo y azul representa un recurso destacado para la detección y seguimiento de insectos y organismos nocivos. Las trampas adhesivas funcionan de manera similar al papel de mosca al capturar insectos mediante una sustancia adhesiva. Estas trampas tienen la posibilidad de ser suspendidas en plantas o ser ubicadas en el sustrato directamente en la base de las plantas.

Si se manifiestan enfermedades, se recomienda la eliminación completa de la planta infectada para evitar una mayor diseminación a otras plantas, y la planta enferma debe desecharse a una distancia de cualquier otra planta.

Permite producir en mayor cantidad con cosechas libre de plagas y enfermedades sin contaminación de pesticidas.

2.5.Recomendaciones

Utilizar las soluciones nutritivas para mejorar la productividad del cultivo de rábano.

Capacitar a los agricultores sobre la producción de rábanos hidropónicos.

Incentivar a investigaciones de campo con hidroponía en varios cultivos de hortaliz

BIBLIOGRAFÍA

- Albuja, V., Andrade, J., Lucano, C., & Rodriguez, M. 2021. Comparativa de las ventajas de los sistemas hidropónicos como alternativas agrícolas en zonas urbanas. *Minerva*, 2(4), 45-54. Disponible en <https://minerva.autanabooks.com/index.php/Minerva/article/view/26/140>
- Alvarado Chávez, J. G. (2021). Respuesta del cultivo de rábano (*Raphanus sativus* L.) a la aplicación de fitohormonas y fertilización química-orgánica, cantón Zamborondón, provincia del Guayas. Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil. Disponible en <https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/81890f73-7c57-4c79-9850-9f3a0cdfc987/content>
- Amores Bravo, B. A. 2017. *Evaluación de dos híbridos de pimiento (Capsicum annum L.), cultivados en sistema hidropónico en sustratos y soluciones nutritivas* (Bachelor's thesis, Babahoyo: UTB, 2017). Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/4121>
- Andrade, M. 2020. Definición de Hidroponia (en línea, sitio web). Consultado 2 mar. 2023. Disponible en <https://www.definicionabc.com/ciencia/hidroponia.php>
- Becerra, A. T., Bravo, X. B. L., & Membrive, V. J. F. (2019). Huella hídrica y sostenibilidad del uso de los recursos hídricos. *M+ A: Revista Electrónica de Medioambiente*, 14(1), 56. Disponible en <https://derecho.ucm.es/data/cont/media/www/pag-41205/61articulo.pdf>
- Beltrano, J., & Gimenez, D. O. (2015). *Cultivo en hidroponía*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). Disponible en <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/46752>
- Birgi, J. A. 2015. *Producción hidropónica de hortalizas de hoja*. EEA Santa Cruz, INTA. Disponible en <https://n9.cl/g8xg0>
- Calvo, A. 2020. Qué son los cultivos hidropónicos: Guía de cultivo (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.agroptima.com/es/blog/que-son-los-cultivos-hidroponicos-guia-de-cultivo/>.
- Coronado, G. 2023. Qué es el cultivo hidropónico y sus beneficios. Disponible en

<https://www.ifema.es/noticias/agricultura/cultivo-hidroponico-que-es-beneficios>

ENVIRONMENT, H. (2020). Calidad del agua en hidroponía. Disponible en https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=148

FAO. (2015). Manual de hidroponia popular. 36.

García, A., Macías, E., Lóor, J., & Vega, M. 2021. Evaluación de efectos de soluciones nutritivas como alternativa de insumo en la producción de rábano (*Raphanus sativus*) con sistema hidropónico bajo ambiente protegido. *Ecuadorian Science Journal*, 5(3), 320-340. Disponible en <https://journals.gdeon.org/index.php/esj/article/view/163/229>

Intagri. 2023. Producción de Hortalizas en Sistema Hidropónico NFT. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/produccion-de-hortalizas-en-sistemas-hidroponicos>

Khan, F.A. 2018. Review on Hydroponic Greenhouse Cultivation for Sustainable Agriculture". *International Journal of Agriculture, Environment and Food Science*. 2 (2), pp. 59-66. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/324416286>

López Bulnes, J. L. 2019. Producción de cultivos hidropónicos *Raphanus sativus*, rabanito cv niger y *Lactuca sativa* lechuga cv s. anna para la sostenibilidad de familias en la Urbanización Ventura Rosi del distrito del Rímac. Disponible en <https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/3025/L%203%20PEZ%20BULNES%20JORGE%20LUIS%20-%20DOCTORADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mabela, G. 2018. La Hidroponía: Cultivos sin Suelo | Intagri S.C. (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/horticulturaprotegida/la-hidroponia-cultivos-sin-suelo>.

Mendez, E. T. 2017. Tipos de sistemas hidropónicos para cultivar. Obtenido de bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4512/1/IAD-2015-021.pdf

Moreira, J. 2022. Ventajas y Desventajas de los Hidropónicos. Disponible en <https://prfarmcredit.com/ventajas-y-desventajas-de-los-hidroponicos/>

Oasis, S. (2020). MANUAL DE HIDROPONIA. Obtenido de

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232367/Manual_de_hidroponia.pdf

Ramírez Alava, K. J. 2019. Evaluación de cuatro tipos de sustratos inorgánicos para el cultivo hidropónico de rosas en la ciudad de Tulcán provincia del Carchi. Universidad Politécnica Estatal del Carchi. Disponible en <http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/832/3/363-%20RAM%c3%8dREZ%20ALAVA%20KEVIN%20JOEL.pdf>

Reinoso Haro, R. R. 2021. Estudio comparativo de las propiedades fisicoquímicas del rábano (*Raphanus sativus*) en cultivos hidropónicos inoculados con *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas aeruginosa*. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15316>

Reynoso, V. 2015. como cultivar rabano organico. Obtenido de <https://viaorganica.org/rabano-un-cultivo-rapido-para-pequenos-espacios/>

Rodríguez, H. 2019. Soluciones Nutritivas Hidropónicas:: Factores y Criterios para su Formulación. Disponible en <https://drcomag.yolasite.com/resources/Solucionesnutritivashidroponicasfactoresycriteriosparasuformulacion.pdf>

Rosado Morán, M. E. (2019). *Desarrollo morfológico y rendimiento del cultivo de pepino (Cucumis sativus) mediante sistema hidropónico de sustrato sólido en el cantón Babahoyo* (Bachelor's thesis, Babahoyo: UTB, 2013). Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/198>

Rubio Mena, C. 2017. Automatización de un cultivo hidropónico nft para el control de temperatura, riego y mezcla de la solución nutritiva, ubicada en la zona urbana de Quito. (Trabajo de titulación) (Pregrado). pp. 8-11. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14533>

Saavedra, G; Corradini, F; Antúnez, A; Felmer, S; Estay, P; Sepúlveda, P. 2017. Manual de producción de lechuga (en línea). s.l., s.e. Disponible en <http://www.inia.cl/wpcontent/uploads/ManualesdeProduccion/09%20Manual%20Lechuga.pdf>

Tank Guerrero, A. S. 2021. Captación de agua usando el método de atrapa nieblas para el cultivo hidropónico de Lechuga (*Lactuca sativa*) y Rabano (*Raphanus sativus*) en Rioja. Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/87868/Tank>

_GAS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Vaca Arias, J. C. 2022. Aplicación de micorrizas y fertilización química-orgánica en el cultivo de rábano (*Raphanus sativus L.*) en el cantón Pedro Carbo, provincia del Guayas. Disponible en <https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/b4df69ce-8e14-4471-a850-0d3047e45916/content>
- Valles Félix, J. 2020. Sistema de mezcla de soluciones nutritivas y ácido para un cultivo hidropónico basado en la técnica de película de nutrientes (NFT), (Trabajo de titulación) (Pregrado). pp. 9-15. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10670>.
- Vargas, A. 2021. Los beneficios de cultivar en Hidroponía. Disponible en <https://nxtagro.io/los-beneficios-de-cultivar-en-hidroponia/>
- Villafuerte Cuadro, K. M. 2020. *Comportamiento agronómico de cuatro cultivares de lechuga (Lactuca sativa L.) mediante sistema hidropónico en la zona de Babahoyo, Provincia de Los Ríos* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2020). Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8023>