



Evaluación de efectos de soluciones nutritivas como alternativa de insumo en la producción de rábano (*Raphanus sativus*) con sistema hidropónico bajo ambiente protegido

Evaluation of the effects of nutrient solutions as an input alternative in the production of radish (*Raphanus sativus*) with a hydroponic system under a protected environment

García, Alexander; Macías, Enrique; Lóor, Jimmy; Vega, Milton

Alexander García

alexander.garcia@itspem.edu.ec

Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías,
Ecuador

Enrique Macías

enrique.macias@itspem.edu.ec

Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías,
Ecuador

Jimmy Lóor

jimmy.loor@itspem.edu.ec

Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías,
Ecuador

Milton Vega

milton.vega@itspem.edu.ec

Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías,
Ecuador

Ecuadorian Science Journal

GDEON, Ecuador

ISSN-e: 2602-8077

Periodicidad: Semestral

vol. 5, núm. Esp.3, 2021

esj@gdeon.org

Recepción: 24 Octubre 2021

Aprobación: 30 Noviembre 2021

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/606/6062738026/index.html>

DOI: <https://doi.org/10.46480/esj.5.3.163>

Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra sus sitios web personales o en depósitos institucionales, después de su publicación en esta revista, siempre y cuando proporcionen información bibliográfica que acredite su publicación en esta revista. Licencia de Creative Commons Las obras están bajo una <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>

Resumen: En el presente trabajo de investigación se evaluó agrónomicamente el cultivo de rábano (*Raphanus sativus*) bajo el sistema de producción hidropónica tipo raíz flotante y se utilizó el diseño completamente con repeticiones de 56 contenedores por tratamiento. El cultivo en hidroponía, es una modalidad en el manejo de plantas, que permite su cultivo sin suelo. Mediante esta técnica se producen plantas principalmente de tipo herbáceo, aprovechando sitios o áreas no convencionales, sin perder de vista las necesidades de las plantas, como luz, temperatura, agua y nutrientes. En el sistema hidropónico los elementos minerales esenciales son aportados por la solución nutritiva. El rendimiento de los cultivos hidropónicos puede duplicar o más los de los cultivos en suelo. La disponibilidad de agua y nutrientes, los niveles de radiación y temperatura del ambiente, la densidad de siembra o disposición de las plantas en el sistema hidropónico, la acción de patógenos o plagas, entre otros factores incidirán fuertemente en el rendimiento del cultivo. El modernismo permitió la introducción de los avances de la informática para el control y ejecución de actividades, que han hecho de la automatización del cultivo hidropónico una realidad. El ritmo de vida que llevamos hoy en día, ha impulsado al ser humano a la necesidad de obtener todo más rápidamente, y como ejemplo están los alimentos los cuales son procesados de manera que el producto sea cultivado y cosechado lo más pronto posible y de mejor calidad. Una opción para la agricultura es el uso de hidroponía e invernaderos automatizados que permiten mantener las condiciones adecuadas para el desarrollo y crecimiento de las plantas cultivadas en su interior, teniendo como ventajas que facilitan el cultivo fuera de temporada y la reducción significativa de mano de obra. Se concluyó que de los dos tratamientos que se evaluaron el mejor sistema fue el de soluciones concentradas de Nitrato de Potasio, amonio y Calcio denominada concentración de solución (a) bajo sistema de raíz flotante.

Palabras clave: hidroponía, soluciones nutritivas, rábano, dosificaciones, raíces flotantes.

Abstract: In the present research work, the radish (*Raphanus sativus*) cultivation was agronomically evaluated under the



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

Como citar: García, A., Macías, E., Looor, 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. DOI: <https://doi.org/10.46480/esj.5.3.163>

floating root type hydroponic production system and the design was used completely with repetitions of 56 containers per treatment. The cultivation in hydroponics is a modality in the management of plants, which allows their cultivation without soil. By means of this technique, mainly herbaceous plants are produced, taking advantage of unconventional sites or areas, without losing sight of the plants' needs, such as light, temperature, water and nutrients. In the hydroponic system the essential mineral elements are provided by the nutritive solution. The yield of hydroponic crops can be double or more than those of soil crops. The availability of water and nutrients, radiation levels and ambient temperature, planting density or arrangement of plants in the hydroponic system, the action of pathogens or pests, among other factors will strongly influence crop yield. Modernism allowed the introduction of advances in information technology for the control and execution of activities, which have made the automation of hydroponic cultivation a reality. The rhythm of life that we lead today, has driven human beings to the need to obtain everything more quickly, and as an example there are foods which are processed so that the product is grown and harvested as soon as possible and in the best possible way. quality. An option for agriculture is the use of hydroponics and automated greenhouses that allow to maintain the adequate conditions for the development and growth of the plants grown inside, having as advantages that facilitate the cultivation out of season and the significant reduction of labor. It was concluded that of the two treatments that were evaluated, the best system was that of concentrated solutions of Potassium Nitrate, ammonium and Calcium called solution concentration (a) under floating root system.

Keywords: hydroponics, nutritive solutions, radish, dosages, floating roots.

INTRODUCCIÓN

Una opción para el productor agrícola es el uso de los invernaderos con sistemas hidropónicos, los cuales permiten crear un ambiente de óptimas condiciones para obtener el producto deseado. Sin embargo y aun teniendo un invernadero, las condiciones climáticas y ambientales de la región solo permiten sembrar y cosechar en algunas temporadas del año. Además del clima se cuenta con problemas como el suelo como la erosión, malas técnicas de cultivo, sobrepastoreo, quema de vegetación y contaminación lo que hace perder grandes hectáreas de tierras cultivables.

Los cultivos hidropónicos, surgen como una alternativa a la agricultura tradicional, cuyo principal objetivo es eliminar o disminuir los factores limitantes del crecimiento vegetal asociados a las características del suelo. (FAO, 2015)

El sistema de raíz flotante dentro de las técnicas hidropónicas, la cual permite cultivar hortalizas en cajones de madera o plástico, sobre una placa de unicel que flota en agua con nutrientes, facilitando el manejo y el espacio del que se dispone. En esta técnica las raíces de las plantas están sumergidas en solución nutritiva, en la cual se regula constante el pH, aireación y concentración de sales. A esta técnica se la conoce también con el nombre de "floating" porque las raíces de las plantas están flotando en una mezcla de agua y nutrientes y la planta esta sostenida sobre una plancha de unicel, que flota sobre la superficie del líquido (Mendez,

2017) es ideal para el cultivo de plantas de bajo tamaño, tales como: rábanos y plantas aromáticas, ya que permite hacer eficiente la disponibilidad de nutrientes, reducir la competencia entre plantas y, al tener las condiciones ambientales adecuadas, propicia que el ciclo de la planta disminuya y que obtenga cosechas con buenos rendimientos antes de lo esperado

Desde el punto de vista hortícola, la finalidad de cualquier medio de cultivo es conseguir una planta de calidad en el más corto periodo de tiempo, con costos de producción mínimo. (FAO, 2015)

El proyecto fue llevado a cabo en este sector donde el problema a solucionar fue sembrar rábano en condiciones hidropónicas durante cualquier época del año donde el clima es árido y extremoso en verano e invierno además de que las condiciones del suelo no son las ideales y las condiciones ambientales son muy cambiantes. El agua es uno de los elementos que más puede limitar en la hidroponía cuando la calidad no es buena. Principalmente porque en la hidroponía se utiliza sustratos inertes (sin nutrientes) y/o una solución nutritiva que proporciona todos los minerales necesarios para el desarrollo de las plantas, pero estos deben ser disueltos en agua de calidad para que no cambie la composición química de la solución y todos los nutrientes se encuentren disponibles para las plantas en todo momento. (ENVIRONMENT, 2020)

El desarrollo actual de la técnica de los cultivos hidropónicos, está basada en la utilización de mínimo espacio, mínimo consumo de agua y máxima producción y calidad. (Oasis, 2020), un cultivo hidropónico consume una cantidad mucho menor de agua que un cultivo en tierra, ya que en el cultivo en tierra el 80 % del riego se infiltra a las capas inferiores del terreno y otro porcentaje del riego se evapora; mientras que en un cultivo hidropónico se evita totalmente la infiltración del agua, así como gran parte de la evapotranspiración, ya que el cultivo se realiza en general en locales cerrados, con humedad relativa elevada. Al cultivar por hidroponía, se obtienen cultivos con mejor sanidad y calidad. (Canovas, Magna, & Boukhalifa, 2016).

Se seleccionó el rábano por ser de los más rápidos en germinar y cosechar, con un tiempo de 5 a 8 semanas para la obtención del producto sembrado en tierra.

El ciclo de cultivo del rábano, desde la siembra hasta la cosecha, es de aproximadamente 3-6 semanas, dependiendo de la variedad. Las semillas son circulares de color café oscuro, con un diámetro de 5 mm. Este cultivo prefiere climas frescos, es recomendable sembrarlo a finales de julio o principios de agosto. (Reynoso, 2015). Los rábanos son plantas herbáceas, anuales o bienales, cultivadas como anuales, algamas de autoincompatibilidad variable. Raíz pivotante, desde periférica hasta napiforme, gruesa y carnosa, de carne blanca. Tallos erectos, fistulosos, de hasta 1,5 m de altura. Hojas basales en roseta de 5-30 cm de longitud, lirado, pinnatisectas, con lóbulos desiguales e irregularmente dentados. Hojas caulinares menos lobuladas y dentadas, de 25-40 x 10-15 cm, con peciolo más cortos que los de las hojas basales. Flores con pedicelos de 7-0 mm, en racimos axilares y terminales. (Reynoso, 2015).

Sépalos, de 6-10 mm de longitud. Corola de 1,5-1,7 cm de diámetro. Pétalos verdosos o violáceos, rara vez blancos de 0,8-2 cm de longitud. Estambres 6. Artejo inferior de la silicua con 1-2 semillas y artejo superior, de 2-7 cm de longitud y con 12-14 semillas redondeadas, de 2-4 mm de color castaño claro y con la testa finamente reticulada. $2n = 18$. Se cultiva por sus raíces que se comen en ensalada o en encurtidos, existiendo también cultivares de raíz forrajera y de cuyas semillas puede extraerse un aceite comestible y combustible (Agroes, 2015). Para producir rábanos por hidroponía sólo se necesitan los siguientes materiales: semillas de rábano (la variedad va depender de la región y de las necesidades de cada productor); sustratos ligeros con buen drenaje como perlita o vermiculita; contenedores de 30 centímetros de profundidad, una charola para germinar, solución nutritiva para hortalizas, una regadera con agua. (Agroes, 2015).

Desarrollo

Sistema hidropónico.

Hidroponía, es un conjunto de técnicas que permite el cultivo de plantas en un medio libre de suelo. La hidroponía permite en estructuras simples o complejas producir plantas principalmente de tipo herbáceo aprovechando sitios o áreas como azoteas, suelos infértiles, terrenos escabrosos, invernaderos climatizados o no, etc. A partir de este concepto se desarrollaron técnicas que se apoyan en sustratos (medios que sostienen a la planta), o en sistemas con aportes de soluciones de nutrientes estáticos o circulantes, sin perder de vistas las necesidades de la planta como la temperatura, humedad, agua y nutrientes. El desarrollo actual de la técnica de los cultivos hidropónicos, está basada en la utilización de mínimo espacio, mínimo consumo de agua y máxima producción y calidad. (Oasis, 2020).

Calidad del agua

El agua es uno de los elementos que más puede limitar en la hidroponía cuando la calidad no es buena. Principalmente porque en la hidroponía se utiliza sustratos inertes (sin nutrientes) y/o una solución nutritiva que proporciona todos los minerales necesarios para el desarrollo de las plantas, pero estos deben ser disueltos en agua de calidad para que no cambie la composición química de la solución y todos los nutrientes se encuentren disponibles para las plantas en todo momento. (ENVIRONMENT, 2020)

El pH de la solución nutritiva.

El rango óptimo de pH para la solución nutritiva es 5.8-6.3. Los micro-nutrientes están más disponibles en un pH más bajo, pero cuando el pH se cae por debajo de 5.5, se corre el riesgo de toxicidad de los micro-nutrientes, así como problemas de disponibilidad del calcio y del magnesio. En cultivos hidropónicos, especialmente en sistemas cerrados, las raíces afectan el pH de la solución nutritiva, así que el pH tiende a fluctuar. (Sela, 2020)

Rábanos.

Los rábanos son plantas herbáceas, anuales o bienales, cultivadas como anuales, alógamas de autoincompatibilidad variable. Raíz pivotante, desde periférica hasta napiforme, gruesa y carnosa, de carne blanca. Tallos erectos, fistulosos, de hasta 1,5 m de altura. Hojas basales en roseta de 5-30 cm de longitud, lirado, pinnatisectas, con lóbulos desiguales e irregularmente dentados. Hojas caulinares menos lobuladas y dentadas, de 25-40 x 10-15 cm, con peciolo más cortos que los de las hojas basales. Flores con pedicelos de 7-0 mm, en racimos axilares y terminales. (Reynoso, 2015)

Raíz flotante

Permite cultivar hortalizas en cajones de madera o plástico, sobre una placa de unicel que flota en agua con nutrientes, facilitando el manejo y el espacio del que se dispone. En esta técnica las raíces de las plantas están sumergidas en solución nutritiva, en la cual se regula constante el pH, aireación y concentración de sal. A esta técnica se la conoce también con el nombre de "floating" porque las raíces de las plantas están flotando

en una mezcla de agua y nutrientes y la planta esta sostenida sobre una plancha de unicel, que flota sobre la superficie del líquido. (Mendez, 2017).

MATERIALES Y MÉTODOS.

Materiales físicos; Alambre galvanizado, 2 bombas sumergibles Evans Aqua 45 W con salida de 1/2", balanza, cámara de fotos, cinta masking, clavos de 2" y 4". 2 metros cuadrados de espuma fleck, Conductímetro, cubetas para germinación, gavetas plásticas, invernadero, libreta de campo, palos de madera, temporizador intermático de riego (TIMER). 1 pH metro. 2 módulos de meza hidropónica tipo raíces flotantes, 112 contenedores hidropónicos.

Materiales biológicos: Semillas de rábano.

Materiales químicos; Solución nutritiva. agua, nitrato de amonio, nitrato de potasio. nitrato de calcio, sulfato de magnesio, fertilom. ácido bórico.

Planteamiento del problema

Consiste en el mal manejo de suelos, la falta de agua, el elevado costo de la mano de obra y de insumos justifica la implementación de nuevas tecnologías para producir durante todo el año. La hidroponía es una alternativa para producir con altos rendimientos, durante todo el año ocupando espacios reducidos y generar rentabilidad al productor agrícola.

Con esta investigación podemos generar y transferir conocimientos tecnológicos a los pequeños y medianos agricultores con el propósito de establecer en la zona esta práctica como ahorradora de agua, de espacio y recursos económicos.

Este sistema hidropónico se utiliza mucho en el verano ya que se utiliza para cultivar sin la utilización del suelo ya que no genera muchos gastos y es muy rentable y tiene buenos resultados y genera una buena productividad.

Durante los últimos años se viene mostrando un marcado interés por cuidar el medio ambiente, lo que ha facilitado el estudio del impacto ambiental de la actividad agraria sobre la atmósfera, el suelo y las aguas superficiales y de escorrentía. Los cultivos sin suelo presentan unas características diferenciales importantes en comparación con el cultivo en suelo natural, entre ellas, el control riguroso de los aspectos relacionados con el suministro de agua y nutrientes, especialmente cuando se trabaja en sistemas cerrados y la capacidad de disponer de residuos y subproductos para ser utilizados como sustratos de cultivo.

En la parroquia rural de Riochico ubicada en el cantón Portoviejo, en el campo agrícola y en especial donde se encuentran los cultivos de rábanos (*raphanus sativus*) del sector. los agricultores, no poseen conocimiento de este sistema ya que es muy poco utilizado en el medio, son muy pocos los países que poseen este tipo de cultivos hidropónicos ya que sirve para cultivar tanto leguminosas como frutas y hortalizas, ya que se controla plagas y enfermedades bajo un ambiente protegido. Este método reemplaza la utilización de agroquímicos como herbicidas ya que por ende se obtendrán productos de buena calidad y orgánico.

La gestión de cultivos hidropónicos la nutrición controlada de las plantas, el control del aporte nutricional a las plantas es una de las principales ventajas de los cultivos hidropónicos. La disolución nutritiva es una nutrición ideal debe respetar las necesidades de la planta en cada estadio de su desarrollo, esto es, mantener un balance nutriente evolutivo.

MÉTODO.

Metodología.

Por su metodología la investigación realizada fue de carácter de campo entre los meses de mayo y septiembre 2020. En la finca Macías perteneciente a la parroquia Riochico, en un ambiente protegido contra barreras física de plagas. La temperatura en la zona fluctúa entre 19,36 ° C y 31,62 ° C d según POT de la comunidad, el suelo es tipo es de textura arcillosa franco arenoso, el cual se agrieta en tiempo de sequía y se anega durante el periodo de lluvias, muy delgado, de reacción medianamente neutra (pH 6.5 a 7,0), con fertilidad baja en fósforo y azufre, alta en nitrógeno, calcio y zinc y alta en potasio, magnesio, fierro y manganeso. La velocidad del viento es de 3,9 m/segundo.

Tratamientos.

Se aplicó en esta investigación un ensayo de dos tratamientos con sistema hidropónico de raíces flotantes (T1) y (T2) de donde en cada tratamiento se seleccionaron 56 unidades de rábano (*raphanus sativus*) (Ver imagen 2) en la cual se utilizaron dos tipos de soluciones nutritivas respectivamente una denominada solución concentrada (a) con cantidad de sales para 10 litros de agua en el (T1) y otra denominada solución concentrada (b) con cantidad de sales para 5 litros de agua en el tratamiento (T2) y en ambos tratamientos cada uno compuesto por una bomba sumergible Evans con una potencia de 37.3 W y un flujo máximo de 23,7 l/min.

TABLA 1
Solución concentrada (a), cantidad de sales para 10 litros de agua.

SOLUCION CONCENTRADA (a)		
Nitrato de Amonio	18 % N ; 46 % P2O5	400 g
Nitrato de Potasio	13,5 % N; 44 % K2O	1100 g
Nitrato de Calcio	31 % N; 5 % SO4-	700 g

Elaborado por el autor

TABLA 2.
Solución concentrada (b), cantidad de sales para 5 litros de agua.

SOLUCION CONCENTRADA (b)	
Sulfato de magnesio 14	618 g
Fetrilom	30,0 g
Ácido bórico	3,0 g

Elaborado por el autor.

Preparación.

Para preparar cada solución concentrada, los fertilizantes se añadieron al agua en el orden establecido. Por otro lado, para preparar un litro de solución nutritiva se debió agitar previamente las soluciones concentradas A y B, luego se añadieron a un litro de agua 5 ml de solución concentrada A y 2 ml de la solución B.



IMAGEN 1.
Preparación de soluciones nutritivas.

Solución con base de hierro.

Para tratamientos con solución nutritiva: la solución se preparó con sulfato ferroso al 2.5 % (2.5 g/100 ml de agua), de esta se tomó 1 ml y se adicionó en 1 litro de agua. Además, se aplicó 1 ml de ácido húmico a un litro de esta solución.

Métodos.

Analítico

Se realizó el análisis e interpretación de los resultados de la investigación obtenidos de la aplicación de instrumentos del levantamiento de información.

Técnicas e instrumentos de redacción de datos

Se diseñó y aplicó una ficha de observación para la recolección de datos y luego se llevó a Excel para la elaboración de tablas y gráficos y así poder interpretar los resultados obtenidos.

Factores de estudio.

Variedad de rábano (*raphanus sativus*) “rabanito” (Ver Imagen 2)



IMAGEN 2.
Rábano (*raphanus sativus*)
Elaborado por el autor.

Dos sistemas de producción hidropónica de raíz flotante.(Ver Imagen 3)



IMAGEN 3.
Sistema de raíz flotante con producción de rábano.
Elaborado por el autor.

Delineamiento experimental.

Sistema de raíz flotante.

Medidas del módulo: 1m x 2.5 m

Medidas de la unidad experimental (caja): 1m x 30 cm

Área útil de la unidad experimental: 1 m²

Profundidad de la unidad experimental: 20 cm

Volumen de agua/unidad experimental: 100 L.

Número de plantas/unidad experimental: 56

Altura del módulo: 1,30 m. (Ver Imagen 4)



IMAGEN 4.
Sistema de raíz flotante.
Elaborado por el autor.

Semillero

Por la dificultad para obtener una buena germinación, en primer lugar, se puso a germinar las semillas de rábano en bandejas con algodón humedecido. Una vez que estas iniciaron su germinación se las depositó en bandejas germinadoras de 50 cavidades (Ver imagen 5), que contenían turba humedecida; luego se colocaron las semillas a una profundidad de 5 mm y se cubrieron 15 mm con el mismo sustrato. Cuando apareció la primera hoja verdadera se inició el riego con solución nutritiva.



IMAGEN 5
Rábano (*Raphanus sativus*) en bandeja germinadora.
Elaborado por el autor.

Pretrasplante.

Se realizó cuando las plántulas de rábano se habían desarrollado lo suficiente; se efectuó un primer trasplante sobre láminas de teflón (Termopor), separados a una distancia de 0,05 m x 0,05 m, sujetando las plántulas con esponja.

Trasplante.

Se efectuó con plántulas obtenidas de los recipientes del pretrasplante y se las ubicó sobre cajas de madera con medidas internas de 0,55 m de ancho x 1,07 m de largo x 0,19 m de alto. Se utilizaron vasos plásticos con un hoyo en la parte inferior donde se depositó la plántula para que estuviera en contacto con la solución nutritiva.



IMAGEN 6.
Rábanos en crecimiento.
Elaborado por el autor.

Cubierta con sarán y plástico.

Con la finalidad de proteger las plantas de las altas temperaturas, el experimento fue cubierto con sarán al 60 % de sombra y plástico transparente para evitar daños por la lluvia a las soluciones nutritivas.

Oxigenación de la solución nutritiva.

Esta labor se la efectuó desde el trasplante, dos veces al día durante el periodo de fotosíntesis entre horas de 7 am a 18h00, con ayuda de la bomba sumergible que se activaba por un temporizador de energía durante ese lapso de tiempo.

Cosecha.

Esta labor se la realizó cuando las plantas alcanzaron su máximo desarrollo foliar, no permitiendo el alargamiento del tallo. (Ver Imagen



IMAGEN 7.
Cosecha de rábano.
Elaborado por el autor.

Número de hojas/planta.

Se contó el número de hojas de tres plantas tomadas al azar, por unidad experimental y luego se promedió.

Altura de la planta. (cm).

Con una cinta métrica graduada en centímetros, se midieron 16 plantas tomadas al azar desde el cuello de la raíz hasta la parte más pronunciada de la hoja terminal.

Ancho de la hoja (cm).

Con una cinta graduada en centímetros se midió la cuarta hoja (contando de abajo hacia arriba) en 16 plantas tomadas al azar, se promedió y se expresó en centímetros.

Longitud de la hoja (cm).

Se midió la cuarta hoja (contando de abajo hacia arriba) en 16 plantas tomadas al azar, se promedió y expresó en centímetros.



IMAGEN 8
Plantas de rábano en el experimento.
Elaborado por el autor.

Rendimiento del peso de la planta (g/m²).

Al momento de la cosecha se pesó la planta en una balanza se promedió y se expresó en gramos por metro cuadrado.



IMAGEN 9.
Medición del Peso del rábano.
Elaborado por el autor.

RESULTADOS.

TABLA 3.
Numero de hojas en el cultivo de rabano en el T1.

Tratamiento 1	Solución concentrada (a)
5 dias	6
Numero de hojas	
15 dias	8
Numero de hojas	
25 dias	9
Numero de hojas	
35 dias	10
Numero de hojas	
45 dias	10
Numero de hojas	

Elaborado por el autor.



GRÁFICO 1.
 Numero de hojas en el cultivo de rabano en el (T1).
 Elaborado por el autor.

Análisis e Interpretación de resultados.

En este tratamiento T1 se analizó que el número de hojas iba aumentando paulatinamente en óptimas condiciones (Tabla 5), dando como interpretación que se obtuvo mejoras en las hojas en todo el estado fisiológico del cultivo con el concentrado de solución nutritiva denominado (a) en el experimento. Según el Grafico 1 nos demuestra que desde el día 25 del cultivo se mantuvo con pocas diferencias a los 35 y 45 días manteniéndose en 10 hojas por unidad de cultivo.

TABLA 4.
 Numero de hojas en el cultivo de rabano en el T2.

Tratamiento T2	Solución concentrada (b)
5 días	5
Numero de hojas	
15 días	7
Numero de hojas	
25 días	7
Numero de hojas	
35 días	9
Numero de hojas	
45 días	9
Numero de hojas	

Elaborado por el autor.



GRÁFICO 2.
Numero de hojas en el cultivo de rabano en el (T2).
Elaborado por el autor.

Análisis e Interpretación de resultados

En este tratamiento T2 se analizó que el número de hojas iba aumentando paulatinamente en óptimas condiciones (Tabla 2), dando como interpretación que se obtuvo mejoras en las hojas en todo el estado fisiológico del cultivo con el concentrado de solución nutritiva denominado (a) en el experimento. Sin embargo, según nos detalla el Grafico 2 nos demuestra que desde el día 25 del cultivo se mantuvo con 7 hojas con pocas diferencias a los 35 y 45 días manteniéndose en 9 hojas por unidad de cultivo.

TABLA 1.
Altura de la planta por unidad de cultivo en el tratamiento T1.

Altura de la planta en el (T1)	Solución concentrada (a)
5 días	5 cm
Altura del cultivo	
15 días	7,5 cm
Altura del cultivo	
25 días	9,5 cm
Altura del cultivo	
35 días	12,5 cm
Altura del cultivo	
45 días	15,7 cm
Altura del cultivo	

Elaborado por el autor.

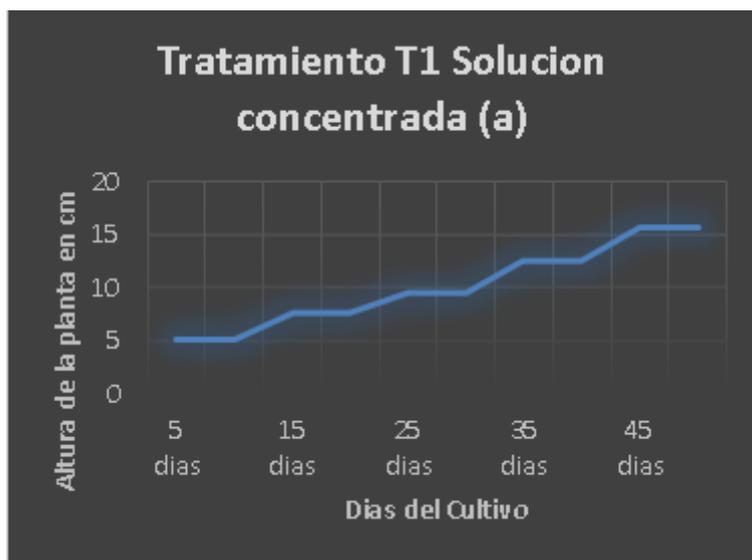


GRÁFICO 3.
 Altura de la planta por unidad de cultivo en el tratamiento (T1).
 Elaborado por el autor.

Análisis e Interpretación de resultados

En este tratamiento T1 se analizó que la altura de la planta tuvo un crecimiento adecuado en cada repetición (Tabla 3), dando como interpretación que la solución nutritiva denominada concentrada (a) empleada fue de buen aprovechamiento por el cultivo.

TABLA 6.
 Altura de la planta por unidad de cultivo en el tratamiento T2.

Altura de la planta en el (T 1)	Solución concentrada (b)
5 días	4,5 cm
Altura del cultivo	
15 días	7 cm
Altura del cultivo	
25 días	9 cm
Altura del cultivo	
35 días	12,5 cm
Altura del cultivo	
45 días	16 cm
Altura del cultivo	

Elaborado por el autor.



GRÁFICO 4.
 Altura de la planta por unidad de cultivo en el tratamiento (T2).
 Elaborado por el autor.

Análisis e Interpretación de resultados

En este tratamiento T2 se analizó que la altura de la planta tuvo un crecimiento adecuado en cada repetición sin embargo a comparación con el (T1) obtuvo mayor promedio de altura entre los días 35 y 45 días (Tabla 4), dando como interpretación que la solución nutritiva denominada concentrada (a) empleada fue de buen aprovechamiento por el cultivo.

TABLA 7
 Ancho de la hoja en el experimento relacionado al (T1).

Días del cultivo	Ancho de la hoja.
5 días	2,5 cm
15 días	3 cm
25 días	4,5 cm
35 días	5,1 cm
45 días	5,6 cm

Elaborado por el autor.



GRÁFICO 5.
Ancho de la hoja en el experimento relacionado al (T1).
Elaborado por el autor.

Análisis e Interpretación de resultados

En este tratamiento T1 se analizó que el promedio de las unidades de cultivo escogidas al azar obtuvo un buen resultado según el estado fenológico del cultivo con respecto al ancho de hojas (Tabla 5), dando como interpretación que se obtuvo mejoras a medidas que los días del cultivo iban avanzando en este tratamiento.

TABLA 8.
Ancho de la hoja en el experimento relacionado al (T2).

Dias del cultivo	Ancho de la hoja.
5 dias	2,5 cm
15 dias	3 cm
25 dias	4,5 cm
35 dias	5,1 cm
45 dias	5,6 cm

Elaborado por el autor.

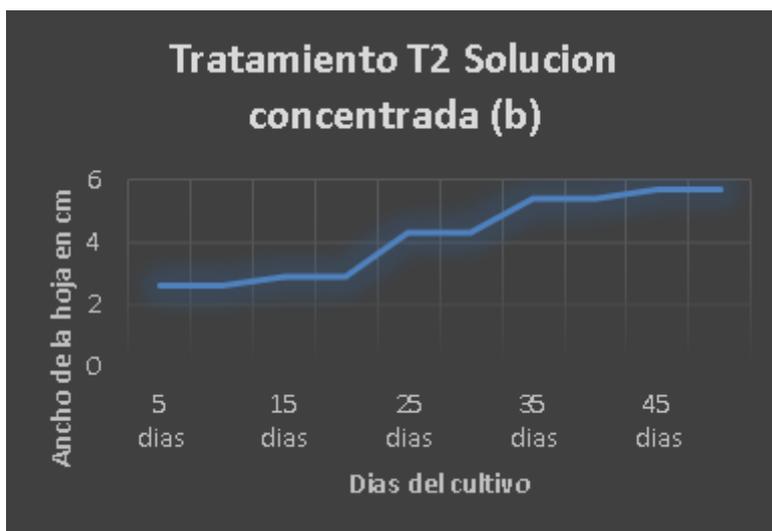


GRÁFICO 6.
Ancho de la hoja en el experimento relacionado al (T2).
Elaborado por el autor.

Análisis e Interpretación de resultados

En este tratamiento T2 se analizó que el promedio de las unidades de cultivo escogidas al azar obtuvo un buen resultado según el estado fenológico del cultivo con respecto al ancho de hojas (Tabla 6), dando como interpretación que se obtuvo mejoras a medidas que los días del cultivo iban avanzando en este tratamiento.



GRÁFICO 7.
Longitud de la hoja en el experimento relacionado al (T1).
Elaborado por el autor.

Análisis e Interpretación de resultados

En este tratamiento T1 se analizó que el promedio de las unidades de cultivo escogidas al azar obtuvo un buen resultado según el estado fenológico del cultivo con respecto a la longitud de hojas (Tabla 7), dando como interpretación que se obtuvo mejoras a medidas que los días del cultivo iban avanzando en este tratamiento.

TABLA 10.
Longitud de la hoja en el experimento relacionado al (T2).

Dias del cultivo	Longitud de la hoja.
5 dias	3,9 cm
15 dias	4,8 cm
25 dias	5,1 cm
35 dias	5,7 cm
45 dias	7,5 cm

Elaborado por el autor.



GRÁFICO 1.
Longitud de la hoja en el experimento relacionado al (T2).
Elaborado por el autor.

Análisis e Interpretación de resultados

En este tratamiento T2 se analizó que el promedio de las unidades de cultivo escogidas al azar obtuvo un buen resultado según el estado fenológico del cultivo con respecto a la longitud de hojas (Tabla 8), dando como interpretación que se obtuvo mejoras a medidas que los días del cultivo iban avanzando en este tratamiento.

TABLA 11
 Peso de la producción de rabano en el experimento relacionado al (T1) y (T2).

Día de la cosecha en el (T1) y (T2), 56 repeticiones respectivamente	Tratamiento 1	Tratamiento 2
45 días	3,6 lb	3,8 lb

Elaborado por el autor.

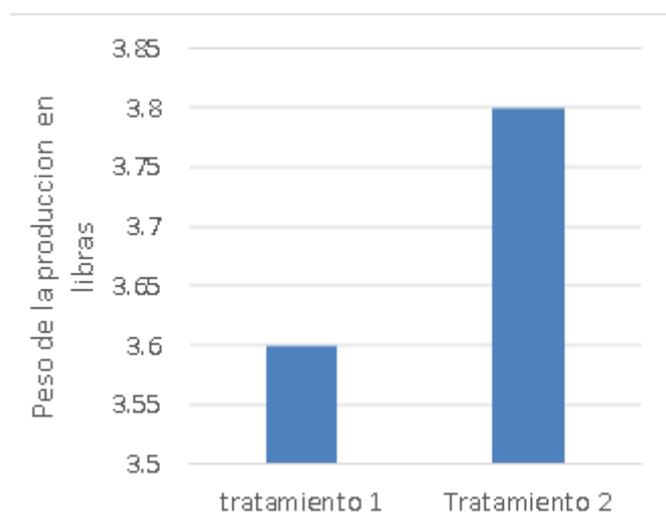


GRÁFICO 2.
 Peso de la producción de rabano en el experimento relacionado al (T1) y (T2).
 Elaborado por el autor.

Análisis e Interpretación de resultados

Con respecto al análisis de los pesos del fruto por tratamiento llegamos a interpretar que a pesar de que hubo diferencias en el estado fenológico del cultivo de rabano es evidente que el peso no tiene mucha diferencia ya que la única variable en ambos ensayos que fue la solución nutritiva, teniendo un resultado en el T1 de 3,6 lb en las 56 repeticiones y en el T2 alcanzo un peso equivalente a 3,8 lb en las 56 repeticiones.

Discusión.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la experimentación se pudo analizar que la producción de rábano fue más eficiente a lo de manera convencional logrando obtener una cosecha en menor tiempo según su ciclo fenológico en ambos tratamientos. Además, porque llegamos a obtener pesos ideales para comercialización en el producto final, las diferentes variables como las mediciones de hoja, su ancho y longitud fueron las apropiadas justificando que la hidroponía es una buena alternativa en la producción de este cultivo.

Por otra parte, En el sistema hidropónico se generó un balance de agua y nutrientes con la cual la planta muestra eficiencia en consumo de agua y mayor consumo de nutrientes, en relación con el sistema convencional en suelo. Esto coincide con el estudio de (Castillo, 2004) que al comparar el consumo de agua

y nutrientes en el sistema hidropónico y convencional se puede concluir que el sistema hidropónico es más eficiente en el consumo de agua y la toma de elementos mayores, N, P, K, Ca, Mg y Fe, ya que absorbe 69, 81, 60, 77, 70 y 51% respectivamente más de estos elementos que en el sistema convencional. Los micro elementos Mn, Zn y Cu los absorbe en cantidades limitadas

CONCLUSIONES.

Se realizaron dos tipos de concentraciones de solución nutritiva para obtener un análisis en el cultivo de rábano y medir diferentes variables como el estado fenológico del cultivo y el desempeño del cultivo bajo sistema hidropónico de raíces flotantes.

Los efectos de las concentraciones de soluciones nutritivas no tuvieron mucha diferencia en los resultados esperados, existiendo mucha similitud en ambos tratamientos, esto nos indica también que llevando un buen control de la acidez del agua y calculo adecuado de soluciones, mantenimiento y oxigenación adecuada se logra con éxito el proyecto hidropónico de raíces flotantes como alternativa de producción de rábano (*Raphanus sativus*)

Dentro de la propuesta es importante concluir que se cuenta con un prototipo para evaluar diferentes cultivos con equipamiento básico para ejecutar nuevas investigaciones en este tema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agroes. (2015). Rabano taxonoia y descripciones botanicas. Obtenido de www.agroes.es/cultivosagricultura
- Alcivar, M. R., & Rodriguez, M. G. (2015). Labranza mecanizada en la productividad del cultivo de maíz H. trueno. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuekl Félix López. Obtenido de <http://repositorio.espam.edu.ec>
- Baron, S., Estill, C. F., Steege, A., & Lulich, N. (2002). Ergonomía para trabajadres agricolas. Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional. Obtenido de <http://sfp.ucdavis.edu/files/143999.pdf>
- Canovas, F., Magna, J., & Boukhalfa, A. (2016). Cultivos sin suelo. Hidroponía En Técnicas de producción de frutas y hortalizas en los cultivos protegidos del Sureste español. Almería: Instituto de la Caja Rural de Almería.
- Castillo, C. M. (Diciembre de 2004). Determinación de los efectos en rendimiento de la producción de lechuga hidropónica y convencional en condiciones de El Zamorano, Honduras. Honduras. Obtenido de bdigital.zamorano.edu.
- ENVIRONMENT, H. (2020). Calidad del agua en hidroponia. Obtenido de www.hydroenv.com.mx/catalogo/index/php_main_page 148
- FAO. (2015). Manual de hidroponia popular. 36.
- Mendez, E. T. (2017). Tipos de sistemas hidroponiccs para cultivar. Obtenido de bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4512/1/IAD-2015-021.pdf
- Oasis, S. (2020). MANUAL DE HIDROPONIA. Obtenido de oasisgrowersolutions.com/pdf/mx/manual-hidroponia.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO),. (2018). Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe. Obtenido de <http://www.fao.org/3/ca2127es/ca2127es.pdf>
- Reynoso, V. (2015). como cultivar rabano organico. Obtenido de viaorganica.org/rabano
- Rivera, A. E. (1996). Evaluación ergonómica de cuatro diseños de azadón en el combate de malezas sobre diferentes pendientes. Escuela agrícola Zamorano. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/3021/1/CPA-1996-T046.pdf>

- Saigua, V. D., & Velasteguí, S. A. (2015). Eficacia de la ergonomía postural y su incidencia en las complicaciones musculoesqueléticas aplicado a los agricultores de 30 a 40 años de edad que acuden al centro de fisioterapia del gobierno autónomo descentralizado de la parroquia rural Licto. Universidad Nacional de Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1170/1/UNACH-EC-TER.FIS-2015-0008.pdf>
- Sampieri, R. H., Collado, C., & Lucio, P. B. (2014). Metodología de la investigación. McGRAW-HILL / Interamericana editores, S.A. Obtenido de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/>
- Sela, G. (2020). Soluciones nutritivas en hidroponía. Obtenido de www.smart-fertilizer.com/es/articulos/hydroponic-nutrient-solutions
- Valverde F; Ramos M; Vinueza V; Silva J; Ruales W; Parra R. (2004). Sistemas de labranza de conservación de suelos y fertilización fosfórica en maíz. E. E. Santa Catalina: INIAP.