



“Desarrollo de un prototipo hidropónico para la producción de hortalizas de hoja sometidas a diferentes soluciones nutritivas”.

Loor Andrade, Luis Santiago y Polo Sánchez, José Ricardo

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniería Agropecuaria

Ing. Vaca Pazmiño, Eduardo Patricio Mgs.

07 de Septiembre de 2021



Urkund Analysis Result

AnalysedDocument: Santiago Loor – José Polo - Desarrollo de un prototipo hidropónico para la producción de hortalizas de hoja sometidas a diferentes soluciones nutritivas –pdf (D111978831)

Submitted: 9/2/2021
3:34:00 PM

Submitted By: biblioteca@espe.edu.ec

Significance: 4%

Sources included in the report:

<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23421/1/Tesis-136%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20413.pdf>

<http://core.ac.uk/download/pdf/234592671.pdf>

<https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/439/T-UIDE-0417.pdf>

URL: <https://docplayer.es/84866630-Universidad-mayor-de-san-andres-facultad-de-agronomia-carrera-de-ingenieria-agronomica.html>

Instances where selected sources appear: 5

Firma:



Firmado electrónicamente por:
EDUARDO
PATRICIO VACA
PAZMINO

.....
Ing. Vaca Pazmiño Eduardo Patricio Mgs.

C.C. 180212735-5

DIRECTOR



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA SANTO DOMINGO**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“DESARROLLO DE UN PROTOTIPO HIDROPÓNICO PARA LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS DE HOJA SOMETIDAS A DIFERENTES SOLUCIONES NUTRITIVAS”** fue realizado por los señores **Loor Andrade, Luis Santiago y Polo Sánchez, José Ricardo** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 7 de Septiembre del 2021

Firma:



Firmado electrónicamente por:
**EDUARDO
PATRICIO VACA
PAZMIÑO**

Vaca Pazmiño, Eduardo Patricio
CC. 180212735-5



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA SANTO DOMINGO**

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotros, **Loor Andrade, Luis Santiago** y **Polo Sánchez, José Ricardo** con cédulas de ciudadanía N° **2300547110** y **1723778625** declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“DESARROLLO DE UN PROTOTIPO HIDROPÓNICO PARA LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS DE HOJA SOMETIDAS A DIFERENTES SOLUCIONES NUTRITIVAS”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 7 de Septiembre del 2021

Firmas:

Loor Andrade Luis Santiago

C.C.:2300547110

Polo Sánchez José Ricardo

C.C.:1723778625



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA SANTO DOMINGO**

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros, Loor Andrade Luis Santiago y Polo Sánchez José Ricardo, con cédulas de ciudadanía N° **2300547110** y **1723778625**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“DESARROLLO DE UN PROTOTIPO HIDROPÓNICO PARA LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS DE HOJA SOMETIDAS A DIFERENTES SOLUCIONES NUTRITIVAS”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 7 de Septiembre del 2021

Firmas:

Loor Andrade Luis Santiago

C.C.:2300547110

Polo Sánchez José Ricardo

C.C.:1723778625

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico a Dios y a mis familiares, que siempre estuvieron presentes en mi formación universitaria.

A las personas que directa e indirectamente me apoyaron en el transcurso de este logro tan importante en mi vida y que ahora no están físicamente conmigo.

A futuras generaciones para que este trabajo sirva como base de experimento y avances para nuestra provincia y país.

José Polo

El Presente trabajo está dedicado

A mis padres Santiago y Gloria quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mis Abuelos Carlos y Mary por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mi una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Santiago Loor

Agradecimiento

En el presente trabajo agradezco a Dios por ser mi guía, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito una de mis metas propuestas.

A mis padres, Henry Polo y Glenda Sánchez, quienes me han inculcado responsabilidad, disciplina y pasión en todo lo que me proponga, no lo hubiera podido conseguir sin su ejemplo.

A mi tía, Maribel Sánchez quien ha sido como mi segunda madre y me ha ayudado en mi formación, tanto personal como académica.

A mis hermanos, Rafael, Nicole y Tatiana, quienes han estado siempre a mi lado y han sabido tenerme paciencia.

Mi sincera gratitud a la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” por brindarme la oportunidad de formar parte de tan prestigiosa Institución y permitirme desarrollar profesionalmente en la carrera de Ingeniería Agropecuaria.

A los Ingenieros docentes de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria los cuales impartieron sus conocimientos con responsabilidad, esfuerzo y dedicación para mi formación académica. De manera especial a mi tutor el Ing. Patricio Vaca Pazmiño quien con su sabiduría y experiencia supo guiarme en mi trabajo de investigación de manera exitosa. Quien también me brindó su amistad, confianza y apoyo para cumplir mi objetivo.

José Polo

A Dios primeramente por permitirme alcanzar esta meta que me propuse desde los inicios de mis estudios. En segundo lugar, a mi familia, a mi madre, a mi padre, mis abuelos y tíos.

Gloria Andrade mi madre, quien con esfuerzo y trabajo de muchos años supo apoyarme y educarme correctamente para ser la persona que soy actualmente.

A mi padre, Santiago Loor que con su apoyo incondicional, esfuerzo, sacrificio y dedicación hizo posible que culmine con éxito mi carrera Universitaria.

Agradezco a familia en general, por todo su apoyo moral y de aliento de seguir adelante y no desmayar en el intento hasta lograr el objetivo que ahora con esfuerzo y dedicación se ha logrado

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE; y a sus Ingenieros docentes de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria los cuales impartieron sus conocimientos con responsabilidad, esfuerzo y dedicación para mi formación académica

De manera especial a mi tutor el Ing. Patricio Vaca, por ser mi guía en mi trabajo de investigación para que este se realice con éxito además de haberme brindado su amistad, confianza y apoyo para cumplir mi objetivo.

Muchas gracias a todas esas personas que pusieron su granito de arena para hacer de mí una persona de bien.

Santiago Loor

Índice de contenido

Carátula.....	1
Análisis Urkund	2
Certificado del Director.....	3
Responsabilidad de autoría	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	8
Índice de tablas	15
Índice de figuras	17
Índice de gráficas	18
Resumen.....	19
Abstract.....	20
Capítulo I.....	21
Introducción.....	21
Capítulo II.....	23
Marco teórico.....	23
Seguridad y soberanía alimentaria	23
Seguridad y soberanía alimentaria en el Ecuador	24
Situación de la agricultura y factores de producción	24
Hidroponía.....	25
Inicios de la hidroponía	25
Limitaciones y alcances	26
Técnicas hidropónicas.....	27
Cultivo en sustrato	27
Raíz flotante.....	28
Sistema NGS	28

Sistema NFT	28
Preparación de las soluciones nutritivas	29
Ph	32
Conductividad eléctrica	32
Calidad de agua.....	33
Oxigenación en la solución nutritiva	33
Cultivos hidropónicos	34
Lechuga.....	34
Descripción Botánica.....	34
Requerimientos climáticos.....	34
Variedad evaluada “Salad bowl”	35
Espinaca	35
Descripción botánica	35
Requerimiento climatológico.....	36
Acelga.....	36
Descripción botánica	36
Requerimientos climáticos.....	37
Variedad evaluada “Fordhook giant”	37
Investigaciones relacionadas.....	38
Capítulo III.....	42
Metodología	42
Ubicación del área de investigación	42
Ubicación política.....	42
Ubicación geográfica	42
Ubicación ecológica	43
Materiales	43
Materiales de campo.....	43
Materiales de oficina	43

Equipos.....	44
Insumos	44
Métodos	44
Diseño experimental	44
Factores a probar.....	44
Tratamientos a comparar	45
Diagrama DBCA.....	45
Características del área experimental	45
Repeticiones.....	46
Características de las unidades experimentales.....	46
Características y elaboración del prototipo	46
Soluciones Nutritivas a Evaluar	47
Solución Bechhart y Connors.....	47
Solución A y B para Hidroponía FAO	48
Solución Propuesta.....	49
Diagrama del prototipo propuesto.....	50
Diagrama demostrativo	50
Diagrama frontal y dimensiones del prototipo	50
Diagrama lateral y dimensiones del prototipo.....	51
Análisis estadístico	51
Coeficiente de variación.....	51
<i>Análisis funcional.</i>	52
Análisis económico.	52
VARIABLES EVALUADAS	52
Altura de la planta.....	52
Longitud de la raíz	52
Número de hojas.....	52
Peso de raíz.....	52

Peso parte vegetativa	52
Rendimiento por planta (g/planta)	53
Rendimiento por unidad de área (m ²)	53
Esta variable expresada en Kg fue registrada al momento de la cosecha, considerando solamente la parte vegetativa	53
Análisis bromatológico	53
Para esta variable se consideró solamente la parte vegetativa (cosecha) como muestra fresca.	53
Análisis Costo/Beneficio de cada tratamiento	53
Capítulo IV	54
Resultados y discusiones	54
Análisis Estadístico Cultivo de Lechuga	54
Variable 1: Longitud de la Planta	54
Variable 2: Longitud de la Raíz	55
Variable 3: Número de Hojas	57
Variable 4: Peso parte Vegetativa	58
Variable 5: Peso parte Radicular	59
Desarrollo semanal del Cultivo	61
Producción por Unidad de Superficie y rendimiento Económico	62
Análisis Estadístico Cultivo de Acelga	63
Variable 1: Longitud de la Planta	64
Variable 2: Longitud de la Raíz	65
Variable 3: Número de Hojas	66
Variable 4: Peso parte Vegetativa	68
Variable 5: Peso parte Radicular	69
Desarrollo semanal del Cultivo	70
Producción por Unidad de Superficie y rendimiento Económico	72
Proyección anual por m ²	73

Capítulo V	74
Conclusiones.....	74
Recomendaciones.....	75
Bibliografía	76

Índice de tablas

Tabla 1. Evolución de la hidroponía Obtenido de: (FAO, 1996).....	26
Tabla 2. Elementos necesarios en soluciones nutritivas.	31
Tabla 3 Resultados de la investigación de Mendoza Rodriguez 2015.....	38
Tabla 4 Análisis económico de la investigación de Víctor Choez	41
Tabla 5 Factores y niveles evaluados.	44
Tabla 6 Descripción e identificación de tratamientos.....	45
Tabla 7 Características del área Experimental.....	45
Tabla 8 Descripción de las características de las unidades experimentales de la investigación.	46
Tabla 9 Composición de la Solución Bechhart y Connors	47
Tabla 10 Composición Solución A de Hidroponía	48
Tabla 11 Composición Solución B de Hidroponía	48
Tabla 12 Composición Solución Básica	49
Tabla 13 Análisis de la varianza para la variable longitud de la planta	54
Tabla 14. Test de tukey para la variable longitud de la planta.....	54
Tabla 15 Análisis de la varianza para la variable longitud de la raíz.....	55
Tabla 16 Test de Tukey para la variable longitud de raíz	56
Tabla 17 Análisis de la varianza para la variable número de hojas	57
Tabla 18 Test de Tukey para la variable número de hojas	57
Tabla 19 Análisis de la varianza para la variable peso de la parte vegetativa	58
Tabla 20 Test de Tukey para la variable peso de la parte vegetativa	58
Tabla 21 Análisis de la varianza para la variable peso de la parte radicular.....	59
Tabla 22 Test de Tukey para la variable peso de la parte radicular.....	60
Tabla 23 Producción por Unidad de Superficie y rendimiento Económico.....	62
Tabla 24 Ingreso neto y rentabilidad por metro cuadrado	63
Tabla 25 Proyección anual por metro cuadrado.....	63

Tabla 26	Análisis de la varianza para la variable longitud de la planta	64
Tabla 27	Test de Tukey para la variable longitud de la planta.....	64
Tabla 28	Análisis de varianza para la variable longitud de raíz	65
Tabla 29	Test de tukey para la variable longitud de raíz.....	65
Tabla 30	Análisis de la varianza para la variable número de hojas	66
Tabla 31	Test de Tukey para la variable número de hojas	67
Tabla 32	Análisis de varianza para la variable peso de la parte vegetativa	68
Tabla 33	Test de Tukey para la variable peso de la parte vegetativa	68
Tabla 34	Análisis de varianza para la variable peso de la parte radicular.....	69
Tabla 35	Test de tukey para la variable peso de la parte radicular.....	69
Tabla 36	Producción por Unidad de Superficie y rendimiento Económico.....	72
Tabla 37	Ingreso neto y rentabilidad por metro cuadrado	73
Tabla 38	Proyección anual por metro cuadrado.....	73

Índice de figuras

Figura 1. Sistema NFT Obtenida de: (FAO,2010)	29
Figura 2 Análisis económico de la investigación de Javier Ube	39
Figura 3 Ubicación geográfica de la investigación.	42
Figura 4 Diagrama del DBCA.....	45
Figura 5 Diagrama demostrativo del prototipo	50
Figura 6. Diagrama frontal y dimensiones del prototipo	50
Figura 7 Diagrama lateral y dimensiones del prototipo.....	51

Índice de gráficas

Gráfico 1	Longitud de la planta en centímetros	55
Gráfico 2	Longitud de la raíz en centímetros	56
Gráfico 3	Número de hojas por tratamiento.....	57
Gráfico 4	Peso de la parte vegetativa en gramos.....	59
Gráfico 5	Peso de la parte radicular en gramos	60
Gráfico 6	Desarrollo semanal de la altura	61
Gráfico 7	Desarrollo semanal longitud de la raíz	61
Gráfico 8	Aumento semanal del número de hojas	62
Gráfico 9	Longitud de la planta en centímetros	64
Gráfico 10	Longitud de la raíz en centímetros	66
Gráfico 11	Número de hojas	67
Gráfico 12	Peso de la parte vegetativa en gramos.....	68
Gráfico 13	Peso de la parte radicular en gramos	70

Resumen

Desarrollar un prototipo hidropónico para la producción de hortalizas de hoja sometidas a diferentes soluciones nutritivas genera una base informativa sustentable que sirve como punto de partida para fortalecer la producción hidropónica en la región ante la falta de información local. Esta investigación se realizó en Santo Domingo, en el Rancho "Gloria Amanda" parroquia el Esfuerzo coordenadas (0° 28' 48"W y 79° 12' 39" S), altura 627 msnm, temperatura promedio 23 °C, HR 97 %. Se evaluaron tres soluciones nutritivas T1: Solución Bechhart y Connors; T2: Solución A y B para Hidroponía de la FAO; T3: Solución básica propuesta por Polo – Looor para la producción de hortalizas de hoja (lechuga, acelga y espinaca). Investigaciones realizadas demuestran que la producción de hortalizas hidropónicas es una buena opción de producción ante la falta de espacio cultivable, así como para la reducción del uso de agroquímicos, la constante demanda de alimentos a nivel mundial genera un espacio para los cultivos hidropónicos. El ensayo constó de 35 m² de infraestructura que consistió en una cubierta de plástico UV que cubre la estructura de PVC en cuyo interior fluían las soluciones nutritivas impulsadas por tres bombas de agua eléctricas, una para cada tratamiento y reguladas con electroválvulas que permitían programar los tiempos de fertilización a través de un timer. Los mejores resultados en cuanto a desarrollo, rendimiento y factor costo/beneficio de lechuga y acelga se reflejaron con el tratamiento número tres, los resultados con menor respuesta se obtuvieron con el tratamiento dos, fue insignificante la presencia de problemas fitosanitarios, a los cuales se trató de manera localizada con peróxido de hidrógeno.

Palabras claves:

- **HIDROPONÍA**
- **PROTOTIPO HIDROPÓNICO**
- **PRODUCCIÓN HIDROPÓNICA**
- **SOLUCIONES NUTRITIVAS.**

Abstract

Developing a hydroponic prototype for the production of leafy vegetables subjected to different nutritional solutions generates a sustainable information base that serves as a starting point to strengthen hydroponic production in the region due to the lack of local information. This research was carried out in Santo Domingo, at the Rancho "Gloria Amanda" in the parish of El Esfuerzo coordinates (0 ° 28 '48" W and 79 ° 12 '39" S), altitude 627 meters above sea level, average temperature 23 °C, RH 97%. Three nutritional solutions T1 were evaluated: Bechhart and Connors solution; T2: FAO Hydroponics Solution A and B; T3: Basic solution proposed by Polo - Looor for the production of leafy vegetables (lettuce, chard and spinach). Investigations carried out show that the production of hydroponic vegetables is a good production option given the lack of arable space, as well as for the reduction of the use of agrochemicals, the constant demand for food worldwide creates a space for hydroponic crops. The test consisted of 35 m². of infrastructure that consisted of a UV plastic cover that covers the PVC structure inside which the nutritive solutions flowed, driven by three electric water pumps, one for each treatment and regulated with solenoid valves that allowed to program the fertilization times through a timer. The best results in terms of development, yield and cost / benefit factor of lettuce and chard were reflected with treatment number three, the results with the lowest response were obtained with treatment two, the presence of phytosanitary problems was insignificant, to which were treated locally with hydrogen peroxide.

Keywords:

- **HYDROPONY**
- **HYDROPONIC PROTOTYPE**
- **HYDROPONIC PRODUCTION**
- **NUTRITIVE SOLUTIONS.**

Capítulo I

Introducción

La hidroponía es una alternativa de producción con altos rendimientos que se la puede hacer durante todo el año ocupando espacios reducidos para generar rentabilidad al productor agrícola.

Hay registros de información desde finales del siglo veinte, cerca de los años noventa, donde el Ecuador inició el desarrollo de cultivos hidropónicos, adoptando ciertas técnicas de otros países del continente europeo con más experiencia (Holanda), los primeros experimentos se enfocaron en la implementación de cascajo, arena, cáscara de coco, arroz, entre otras fuentes seleccionadas como sustratos.

Un ejemplo local exitoso es el de la empresa GREENLAB que se ubica en San Vicente – Pintag en la ciudad de Quito, está dedicada a la producción de lechuga y otras hortalizas hidropónicas desde el año 1994, esta empresa dispone de la capacidad de producción de altos volúmenes de hortalizas, valores que rondan las 90.000 lechugas al mes, el 50% de su producción, pertenece a la lechuga de hoja variedad crespa. El 80% de su producción va hacia la cadena de supermercados Supermaxi, y cerca del 20% restante se dispone a la venta directa en restaurantes y mercados.

Las principales razones por las que los cultivos hidropónicos hoy en día son alternativas importantes para la producción de lechuga especialmente son su alta calidad nutricional, el bajo costo de producción y alto nivel sanitario (Guanochanga y Betancourt, 2001).

La producción en espacios reducidos de suelos cultivables, la menor necesidad de agua saneada para el riego y el aumento de las exigencias del

mercado en cantidad, calidad y sanidad de hortalizas, especialmente para el consumo en fresco.

La hidroponía ofrece una alternativa importante, se aprovecha el espacio de suelos no productivos duplicando o triplicando el número de cosechas por año. Soluciona también problemas de falta de terreno para producir mejores cultivares de hortalizas.

Estos cultivos están exentos de enfermedades del suelo, posibilitan producir con mínimas o nulas cantidades de agroquímicos, la provincia de Pichincha lidera con la cantidad de empresas dedicadas a la producción de hortalizas hidropónicas, abasteciendo la creciente demanda.

La falta de tierras para cultivo que gente emprendedora no dispone, el desperdicio de agua por la aplicación ineficiente de agua, el alto costo de mano de obra se vería disminuida por la concentración de la producción en áreas menores pero más eficientes de cultivo.

Bajo en contexto actual parte de la población con más poder adquisitivo buscan un estilo de vida más sano optando por consumir alimentos beneficiosos para la salud, recurriendo a diferentes medios para obtener estos productos.

En la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, estas alternativas de producción de hortalizas no han tenido un desarrollo debido a la escasa información de estos sistemas de producción, siendo esta es la razón que nos impulsó a realizar esta investigación para generar información local y orientarla a la masificación para su producción, promoviendo el consumo de este tipo de alimentos y generar un aumento en la seguridad y soberanía alimentaria en nuestra provincia.

Capítulo II

Marco teórico

Seguridad y soberanía alimentaria

A lo largo de los años el concepto de soberanía alimentaria ha ido evolucionando incluyendo en 1996 nuevos actores y elementos, tales como autosuficiencia, diversidad de sistemas alimentarios, llegando en 2002 el derecho de los pueblos a definir sus alimentos y en 2007 se incluye en el concepto a productores y consumidores (Bina, 2014).

El hambre y la pobreza son productos de la despreocupación de muchos elementos dentro de la cadena de mando. Sin embargo la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) hace responsable de la crisis actual al resultado de décadas de negligencia y abandono del sector agropecuario (Martínez, F., Colino, J. & Gómez, M. Á. 2014:14).

La población perteneciente a los países en desarrollo ha sido afectada por el hambre, se estima que cerca del 16% de las regiones tercermundistas son las más vulnerables; siendo las zonas rurales donde existe mayor concentración, en donde la subsistencia tiene una fuerte dependencia de la producción agrícola, pecuaria y forestal local. (FAO & SAGARPA, 2012). De esta manera es que la agricultura familiar aporta con gran valor a la producción de alimentos a nivel mundial, desde la conservación de los mismos, hasta la generación de empleos, aportando además a la conservación de biodiversidad y tradiciones culturales, con el objetivo de reposicionar a este tipo de producción haciéndose valer de las políticas agrícolas, ambientales y sociales (León, 2014:1).

Seguridad y soberanía alimentaria en el Ecuador

En el año 2008 dentro del país se vieron ciertos cambios enfocados a favorecer el desarrollo del mismo y hegemonizar un equilibrio social, económico y cultural, partiendo por planteamientos endógenos de desarrollo, amparados por la nueva constitución teniendo como base al artículo 3, en donde se hizo hincapié al derecho de la alimentación como un deber del estado y a la garantía en la autosuficiencia de alimentos inocuos de manera constante (Reyes & Durán, 2008).

El enfoque de la soberanía alimentaria en el país se reparte en varios niveles, desde lo comunitario, hasta lo internacional, en donde el papel internacional llega a acuerdos sobre agricultura y comercio. A nivel estatal se estipulan políticas agrícolas y alimentarias además de económicas, sociales y medioambientales, nacionales o comunitarias. En cuanto a lo local se plantean términos de sistema alimentario que se desean para el territorio y de adaptación de las políticas nacionales a los contextos locales para lo que se establece que los Gobiernos provinciales tienen un nivel de decisión de accionar ubicado en lo local (Heinich, 2013).

Situación de la agricultura y factores de producción

En el Ecuador nos regimos a la Ley de Soberanía alimentaria, que establece en el objetivo No. 8 “Consolidar el sistema económico social y solidario de forma sostenible”,

Desde el 2006 la SIPAE ha ido recopilando información sobre estudios realizados en donde indican que la agricultura familiar de pequeños productores juega un papel más trascendental para la economía local y

agricultura patronal que el de los grandes productores, además dan un mayor valor agregado por hectárea y usualmente más empleo (SIPAE, 2006).

La agricultura familiar abarca varios objetivos, entre ellos están, la respuesta al desafío del desempleo, la retención de poblaciones dentro del medio rural que indirectamente reduce el dinamismo económico-social de los territorios rurales, limitando el incremento de la brecha de pobreza alrededor de estos sectores (Laforge, 2012).

Hidroponía

Según Pérez (1974), el término hidroponía se originó en Grecia, proveniente de “hydro” que tiene el significado de agua y “ponos” que hace referencia a trabajo, lo que da como resultado a un cultivo sin la necesidad de tener al suelo como base, generando cultivos saludables con menor importancia de las épocas y/o temporadas en menos tiempo, aprovechando todo el espacio posible, además en esta estrategia de producción se puede diseñar e implementar estructuras simples y poco contaminantes, lo que favorece las condiciones ambientales. El esquema se basa en una fuente de agua suministrada o impulsada mediante bombeo, con la solución madre que contiene los nutrientes concentrados para la cantidad de agua calculada en el sistema, con la finalidad en que las raíces absorban mediante flujo continuo y programado (Beltrano & Gimenez, 2020).

Inicios de la hidroponía

La hidroponía se desarrolló a través de los años gracias al aporte de diferentes científicos que mediante estudios permitieron demostrar la validez del cultivo sin tierra, luego se difundió al resto del mundo la nueva forma de cultivar; siendo considerada la hidroponía como un sistema de producción

agrícola que tiene gran importancia dentro de los contextos ecológicos, económico y social (Beltrano & Gimenez, 2020).

Dicha importancia se basa en la gran flexibilidad del sistema, es decir, por la posibilidad de aplicarlo con éxito, bajo muy distintas condiciones y para diversos usos, por ejemplo; para realizar investigaciones ecológicas, producir alimentos en las zonas áridas, regiones tropicales o en ciudades donde son caras y escasas; en lugares donde el agua tiene un contenido alto en sales (Beltrano & Gimenez, 2020).

Tabla 1.

Evolución de la hidroponía Obtenido de: (FAO, 1996)

ANOS	ACONTECIMIENTOS		
1655-1728	El inglés John Woodward estudió la importancia de los minerales en la nutrición de las plantas y observó que éstas crecían mejor en agua sucia que en agua destilada. Concluyó entonces que la planta crecía más o menos en proporción de las sustancias disueltas en el agua.	1936	<ul style="list-style-type: none"> ✓ D. Wm. F. Gericke y J. R. Travemetti de la Universidad de California publicaron el registro del cultivo exitoso de tomates en agua y solución nutriente. ✓ La Estación Experimental de New Jersey estudiaron los métodos de cultivo en arena y en grava.
		1938	El norteamericano D. Wm. F. Gericke realizó el primer cultivo sin suelo en "grande" e invento la palabra hidroponía.
1742-1809	El suizo Jean Serebier encontró que la cantidad de oxígeno desprendido por las hojas sumergidas era proporcional a la cantidad de bióxido de carbono (anhídrido carbónico) disuelto en el agua.	1939-1945	La primera producción a gran escala fue en EEUU, luego en Chófu-Japón, (alimentación de soldados en la Segunda Guerra Mundial)
		1950	Los países como Italia, Francia, España, Alemania, Israel, Australia y Holanda la adoptaron la técnica en plan comercial.
1787-1895	Los alemanes Carl S. Sprengel y A.F.Wiegman afirmaron que un suelo sería improductivo si faltara tan solo un elemento esencial para alimentar a las plantas.	1955	Se fundó la Sociedad Internacional de Cultivo Sin Suelo (ISOSC), por un pequeño grupo de científicos
		1960	El primer uso comercial fue en Canadá en la provincia de Columbia Británica principal productor de tomate, con técnica de riego por goteo, usando bolsas de aserrín
1860	El botánico alemán Julius Von Sachs, publicó la primera fórmula estándar, demostrando que bajo condiciones determinadas, se podían cultivar plantas prescindiendo de la tierra. Solo hacía falta diluir en agua, cantidades de químicos en proporciones determinadas, produciendo una solución nutriente que apoyaría la vida de la planta, para que estas crecieran normalmente.	1970	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Crisis de petróleo afectó costos de calefacción de los invernaderos, por esa razón los investigadores empezaron a ver la hidroponía como un medio para mejorar la producción. ✓ Se desarrollo el sistema de riego NFT (Nutrient Film Technique), técnica de cultivo que permite la recirculación permanente de la solución nutritiva (alimentación de la planta)
1920	La fórmula de la solución nutritiva fue regularizada y se establecieron los métodos para su correcto uso.	1988-1990	El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) aportó enormes transformaciones en la hidroponía al continente americano (República Dominicana, Haití, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Honduras, México, Panamá, Venezuela, Perú, Ecuador, Bolivia, Argentina, Chile, Uruguay, Brasil y Paraguay) llegando a consolidarse como una opción en la lucha contra la pobreza.
1930	El profesor William Frederick Gericke de la Universidad de Berkeley en California fue el primero en sugerir que los <i>cultivos en solución</i> se utilizase para la producción vegetal agrícola.	1992	La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) incluyó a la "Hidroponía Popular" en sus
1933	Se patentó el método de cultivo en agua.		

Limitaciones y alcances

Según Castillo (2009), en la actualidad la producción de cultivos hidropónicos ha tomado mucha importancia, ya que tiene grandes ventajas como son:

1. Cultivos libres de patógenos y materiales contaminantes.
2. Relativa reducción de costos de producción.
3. Producción de cosechas en menor tiempo y durante épocas difíciles
4. Ahorro de agua e insumos agrícolas.
5. Se evita el uso innecesario de maquinaria agrícola.
6. Mayor limpieza e higiene en el manejo del cultivo.
7. Buen alcance de automatización.
8. Rápida recuperación de la inversión inicial

Técnicas hidropónicas

Según Lara (1999) las técnicas de producción hidropónica se ven clasificadas de acuerdo al medio de crecimiento en donde el sistema radicular del cultivo se desarrolle, hay dos grupos grandes, en medio líquido que abarca a NFT, raíz flotante y aeroponía, en cambio, en el otro grupo, se encuentran los que presentan sustratos.

Cultivo en sustrato

En esta tipo de técnica se puede cultivar cualquier tipo de hortaliza y se usan sustratos de materiales inertes como la perlita, roca fosfórica, arena, aserrín, peat moss, fibra de coco, entre otros, proporcionando las

condiciones requeridas de oxígeno y humedad para un correcto desarrollo de la planta (Beltrano & Gimenez, 2020).

Raíz flotante

En esta técnica las raíces de las plantas flotan encima de una mezcla de agua y una solución concentrada de nutrientes, la cual está sostenida por espuma Flex o alguna superficie que sea ligera. Se puede acortar su tiempo en cuanto al desarrollo de la planta y maximizar el espacio de la instalación requerido, así mismo es importante tener precaución en el pH y la conductividad de la solución nutritiva. (García, 2007, p.7).

Sistema NGS

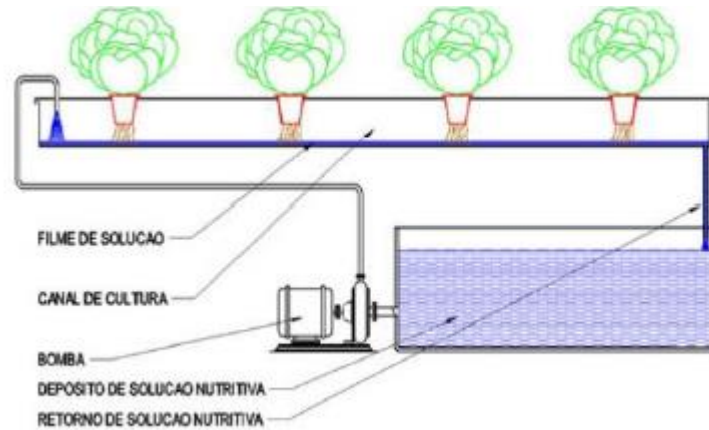
Este sistema proviene de Europa, básicamente se encuentra enfocado en la oxigenación de las raíces de una forma constante, y el retorno de la circulación de la solución nutritiva. Se puede cultivar desde hierbas aromáticas, hortalizas de hojas, plantas ornamentales, etc.

Sistema NFT

Esta técnica fue desarrollada por el Dr. Allan Cooper en Inglaterra cerca de los años 60, su mecánica consiste en que las plantas crecen sobre una lámina de agua en continuo movimiento, y la misma es alimentada con soluciones nutritivas, que de acuerdo al requerimiento del cultivo pueden variar. Para el retorno del agua se utiliza una bomba sumergible que pueda permitir una distribución homogénea del flujo del agua a lo largo de tubos PVC, en este sistema se debe procurar que el retorno no demore tanto sobre todo en épocas calurosas ya que las plantas pueden sufrir estrés (Calderón 2004).

Figura 1.

Sistema NFT Obtenida de: (FAO,2010)



- **Ventajas del NFT:**

Mafla (2015) indica que el sistema NFT tiene algunas ventajas como:

1. Ahorros significativos en solución nutritiva y en agua.
2. Aprovechamiento de espacio ya que se puede cultivar en niveles.
3. Fácil limpieza del sistema.
4. Simplifica los sistemas de riego
5. Mejora el contacto directo de las raíces con solución nutritiva.
6. Mayor facilidad para corregir deficiencias nutricionales.

- **Desventajas del NFT**

1. Mayor control de la calidad de la solución nutritiva.
2. Los costos iniciales son mayores que con otros sistemas

Preparación de las soluciones nutritivas

El concepto de las soluciones nutritivas ha ido cambiando con el pasar del tiempo, añadiendo y corrigiendo principios de diferentes autores que con la amplia variedad de resultados fueron moldeando el contexto actual de las soluciones. Son consideradas como un conjunto de formulaciones que presentan dentro de su composición los elementos esenciales para obtener un óptimo desarrollo de las plantas.

A pesar de saber que entre más equilibrado y completo sea el balance nutricional de la solución y de los buenos resultados que reflejan en el crecimiento de la planta, no siempre se llega a este anhelado escenario por todos los productores, puesto que requiere de varios análisis y consideraciones para su manejo. Sin embargo, se recomienda que las SN estén conformadas por macro (N, P, K, Ca, Mg) y micronutrientes (B, Mn, Mo, Cl, Fe, Zn) para un adecuado rendimiento de la planta (Grupo latino, 2010).

La SN consiste en la mezcla de carácter iónico de agua con los nutrientes esenciales, la cual va a depender de las necesidades nutricionales de las plantas y del comportamiento de los elementos en el medio. Cabe recalcar que la cantidad de nutrimentos presentes en cada solución va a ser condicionada por el tipo de especie vegetal, su variedad, su etapa fenológica, las condiciones ambientales a las que está sometida, entre otros factores.

Tras años de estudios varios autores han logrado encontrar puntos en común en cuanto a las principales características que intervienen en el desarrollo de los cultivos y limitantes económicas como la relación mutua entre aniones y cationes, la conductividad eléctrica, el pH, la relación NO_3^- :

NH₄⁺, la disponibilidad y fuentes de los elementos, la interacción ex sito e in situ del sistema, entre otros Lara (1999).

Tabla 2.

Elementos necesarios en soluciones nutritivas.

Nutriente	Función
Nitrógeno	Forma parte de los aminoácidos, proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos y clorofila. Esencial en el crecimiento y desarrollo de las plantas.
Fósforo	Constituye enzimas, ácidos nucleicos, fosfolípidos, glucosa y ATP.
Potasio	Activador de enzimas y síntesis de proteínas
Calcio	Actúa como regulador del transporte de carbohidratos, forma parte de la estructura de la pared celular y ayuda al crecimiento radicular
Magnesio	Parte esencial de la molécula de clorofila
Azufre	Constituyente de aminoácidos y proteínas
Hierro	Encargado de la síntesis de clorofila y portador de electrones en la fotosíntesis
Zinc	Necesario para la formación de ácido indolacético
Manganeso	Participa en la producción fotosintética de oxígeno a partir del agua y forma parte en la formación de clorofila
Cobre	Se involucra en la formación de la pared celular y es parte de algunas enzimas
Boro	Se encarga de la síntesis y transporte de carbohidratos, viabilidad del polen y actividades celulares como respiración, división, crecimiento, etc.
Molibdeno	Forma parte del nitrato-reductasa

Cloro

Forma parte de la fotosíntesis, incrementa la hidratación de tejidos.

Ph

Para garantizar una adecuada solución nutritiva es imperativo enfocarse en el pH del agua, puesto que el mismo, influye directamente en la disponibilidad de varios nutrientes y su solubilidad en el medio, además es necesario realizar los análisis en el agua para poder proyectarse en cuanto a qué elementos emplear o descartar para mantener el pH requerido.

Se han realizado varios estudios y ensayos que demostraron una óptima asimilación y disponibilidad de nutrientes en un rango de 5,5 a 6,5 tendiendo a ligeramente ácido, de lo contrario, ciertas sales insolubles tienden a acumularse en las tuberías y por consiguiente, no son aprovechadas por las plantas, generando en ciertos casos, pérdidas significativas, sin dejar de lado que la acumulación de las mismas cerca de las raíces de las plantas pueden generar intoxicación (Hydro environment, 2008).

Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica es un factor importante al momento de hablar sobre hidroponía y la calidad de las soluciones nutritivas. Se trata del cálculo total de las sales disueltas en el medio y la capacidad del mismo para conducir dicha corriente.

La unidad de medida utilizada es mili Siemens sobre centímetro, lo que permite apreciar si la solución se excede o carece de la cantidad de

nutrientes para los cultivos hidropónicos, el rango recomendado de C.E. para un buen desarrollo de la planta se encuentra entre 1,5 – 2,5 mS/cm.

Es muy importante que dentro de los sistemas NFT se mida la conductividad de la solución con regularidad para compensar la falta de sales o tratar de disminuir un posible exceso (León, 2001).

Calidad de agua

El tema de la calidad del agua dentro de la hidroponía es de suma importancia ya que proporciona la cantidad y la variedad total de minerales que se requieren para un desarrollo adecuado de las plantas, por consiguiente es necesario el monitoreo constante y minucioso para presentar un rango equilibrado y así no presentar alteraciones dentro de la composición química del agua, obteniendo una óptima y permanente disponibilidad de todos los nutrientes para las plantas.

Esto va a ir de la mano con los requerimientos nutricionales de cada planta y así mismo del comportamiento de cada elemento frente a factores como el pH, conductividad eléctrica, dureza del agua, entre otros.

Es de suma importancia recalcar que se deben evitar el uso de aguas duras debido a que dentro de su composición suelen presentar concentraciones significativamente altas de algunos compuestos minerales como el Mg y Ca (Hydro environment, 2008).

Oxigenación en la solución nutritiva

La oxigenación de en la solución nutritiva juega un papel muy importante para un adecuado mantenimiento del sistema hidropónico, puesto a que facilita el intercambio gaseoso, lo cual estimula el desarrollo de raíces y por ende, el crecimiento de las plantas, ya que sin la presencia de oxígeno en el medio la absorción de nutrientes se reduce y disminuye el rendimiento.

Cabe recalcar que dentro de los sistemas empleados en hidroponía no todos necesitan emplear una oxigenación adicional, como en el caso del sistema NFT que debido al recorrido que hace la solución por los tubos y al caer en el reservorio o tanque nuevamente se generan una óptima oxigenación (Martínez, et al 2012).

Cultivos hidropónicos

Lechuga

Se estima que esta hortaliza es proveniente de la India y Asia Central, la información revisada refleja sus inicios cerca de 25000 años atrás. Las primeras lechugas de las que se hace referencia son las hojas sueltas y las acogolladas que se conocían en Europa desde el siglo XVI (Grupo Latino, 2010).

Descripción Botánica

Este cultivo es catalogado como anual, lo que favorece una buena optimización del factor tiempo-producción, presenta la particularidad de ser una planta que se auto poliniza. La raíz de esta hortaliza es pivotante y presenta ramificaciones, la longitud radicular no suele sobrepasar los 30 cm. Presenta un tallo relativamente corto y de forma cilíndrica, las hojas se encuentran ubicadas en forma de roseta, posteriormente en su desarrollo, estas se van tornando a manera de cogollo (Grupo Latino, 2010).

Requerimientos climáticos

Durante la fase de crecimiento la lechuga requiere temperaturas que oscilen entre los 15 y 20°C. Si no se tiene en cuenta estos requerimientos pueden presentar problemas, en el caso de estar expuestas a bajas temperaturas las hojas pueden adoptar un color rojizo, en cambio, cuando las

temperaturas son elevadas se estimula la floración e indirectamente esto provoca un sabor amargo en las hojas (Grupo Latino, 2010).

Variedad evaluada “Salad bowl”

La variedad Salad Bowl es una de las más populares y apetecidas por el mercado debido a su gran tamaño, tolerancia al estrés ocasionado por el calor y resistencia a una de los grandes problemas de este cultivo, el espigado. Sus hojas son largas y suculentas de color verde claro, son crujientes y dulces (Naturnoa, 2015).

Espinaca

La espinaca (*Spinacia oleracea L.*) debido a su uso en la industria alimenticia se ha extendido por todo el mundo. En la actualidad se la produce como baby leaf de manera que se comercializa como producto mínimamente procesado.

Como complemento para la agricultura tradicional es idóneo y en cuanto a hidroponía las raíces de las plantas reciben la solución nutritiva con los elementos necesarios para su desarrollo. De esta manera puede llegar a ser un tipo de cultivo limpio, ecológico, renovable y sobre todo muy eficiente (García, 2009).

Descripción botánica

La espinaca es una planta de hábito herbáceo, sus hojas, verdes y dispuestas en roseta, pueden ser consumidas crudas o cocidas. Las hojas tienen forma ovalada y aspecto rugoso, que pueden ser enteras o dentadas dependiendo de la variedad. Tiene una fácil digestión en el organismo humano, al igual que un alto nivel de nutrientes.

Como la mayoría de las hortalizas de hoja, esta presenta un alto porcentaje de humedad y muy bajo porcentaje de proteínas, hidratos de carbono y lípidos. Se distingue por su elevada riqueza nutricional, ya que por su contenido en vitaminas y minerales es superior al resto de verduras.

Requerimiento climatológico

Según García (2009) hay algunas hortalizas de hoja que suelen soportar temperaturas por debajo de 0 °C, pero si están expuestas por mucho tiempo pueden presentar lesiones foliares que determinan una detención total del crecimiento, por lo que el cultivo no rinde lo suficiente. Para el óptimo crecimiento del cultivo es indispensable que se adapten a temperaturas bajas, siendo 5°C la temperatura mínima, esto debido a que es en temporadas frías cuando se siembra la mayor parte. Se recalca además que las "condiciones de luminosidad y temperatura influyen de manera decisiva sobre el tiempo de duración del estado de roseta. Cuando los días se extienden por más de 14 horas y al incrementarse la temperatura a 15 °C, las plantas pasan de la fase vegetativa a la producción (emisión de tallo y flores) conocida como alargamiento.

Variedad Viroflay

Variedad de porte medio con hojas verde oscuro, anchas, lisas, forma aflechada. Resistente a la amarillez. Tarda de 10 d a 12 días en germinar con el suelo a una temperatura de 3 °C.

Acelga

Descripción botánica

Según la Enciclopedia Océano (2004), tiene un sistema radicular muy ramificado y hojas anchas y largas, con el pecíolo subdesarrollado en la acelga cortada (que se consume por sus láminas) y muy desarrollado, carnoso y

blanco en la acelga suiza. El aspecto de las flores es similar al de la remolacha, ya que son: (de forma ovalada y de color verde oscuro). No presenta un fruto comestible, pero cuando madura da lugar a un glomérulo.

Requerimientos climáticos

Este cultivo requiere de un clima templado – húmedo, temperaturas medias permiten un buen desarrollo vegetativo. Ciertas variedades toleran el frío, siempre y cuando no sea muy intenso durante el período de crecimiento, cuando las hojas están ya desarrolladas si se muestran sensibles a las heladas. Una floración prematura es el resultado que dejan las bajas temperaturas (Ube, 2014).

Luminosidad

No es necesario de luz excesiva, al contrario cuando se excede y se acompaña de elevadas temperaturas puede llegar a ser perjudicial. En cuanto a la humedad relativa se encuentra entre el 60 y 90 % en cultivos En invernadero. En algunas regiones tropicales y subtropicales se desarrolla bien, siempre y cuando esté en zonas altas y puede comportarse como perenne, debido a la ausencia de invierno marcado en estas regiones (Terraza, 2000).

Variedad evaluada “Fordhook giant”

Según el autor Aparicio (1998), señala que dentro de las variedades de acelga se debe tomar en cuenta las siguientes características:

- Color del tallo blanca o amarilla.
- Color de la hoja: verde oscuro, verde claro, amarillo.

- Grosor del tallo: tamaño y grosor de la hoja; abujado del limbo.
- Resistencia a la subida a flor.
- Recuperación rápida en corte de hojas.
- Precocidad.

- **Fordhook giant:**

Variedad con hoja grandes, de color verde brillante, sobrepasan los 10 cm de ancho en su máximo desarrollo. Los tallos son blancos, tiernos y carnosos, esta selección destaca por su gran resistencia al espigado. Se puede sembrar de forma directa o almácigos, durante todo el año. Se recomienda considerar un espaciado de 20 a 40 cm entre plantas.

Investigaciones relacionadas

1. Efecto de tres soluciones nutritivas en el rendimiento y calidad de (*Lactuca sativa* L. Var. *Capitata* cv. *White Boston* en sistema hidropónico en Santiago de Chuco, La Libertad.

EL autor (Mendoza Rodriguez, 2015), realizo un trabajo en lechuga hidropónica en la cual utilizado la solución A Y B de la FAO, dentro de sus tratamiento obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 3

Resultados de la investigación de Mendoza Rodriguez 2015

Variable	Valor
Numero de Hojas	43
Rendimiento (kg/m ²)	0,438
Altura en cm	22

**2. “Adaptación y comportamiento agronómico de dos
“variedades de acelga (*Beta vulgaris*), sembradas mediante sistema
hidropónico de raíz flotante, en la zona de Babahoyo”**

El autor (Javier Ube, 2014) realizó una investigación en acelga hidropónica con las variedades “Fordhook giant” y “Bali acelga” evaluadas con la solución nutritiva universal “La Molina”, en donde la primer variedad mencionada arrojó mejores resultados que la segunda, tanto en desarrollo, rendimiento y factor costo beneficio. Concluyendo que el uso de diferentes dosis de la SN no fue determinante en cuanto a las diferencias significativas de los resultados, sino más bien, las diferencias genéticas de las variedades evaluadas.

Figura 2

Análisis económico de la investigación de Javier Ube

Tratamiento	Rendimiento kg/ha	Ingresos	Egresos	Utilidad Neta	B/C
Fordhook Giant 5 cc + 2 cc	2500	1750	825	925	2,12
Fordhook Giant 5 cc + 1 cc	2600	1820	795	1025	2,29
Fordhook Giant 4 cc + 2 cc	2100	1470	775	695	1,90
Fordhook Giant 4 cc + 1 cc	2000	1400	745	655	1,88
Bali acelga 5 cc + 2 cc	1000	700	825	-125	0,85
Bali acelga 5 cc + 1 cc	1200	840	795	45	1,06
Bali acelga 4 cc + 2 cc	1200	840	775	65	1,08
Bali acelga 4 cc + 1 cc	1100	770	745	25	1,03

Los resultados determinaron que la variedad de acelga Fordhook Giant presenta mejor comportamiento agronómico al sistema de hidroponía que la variedad Bali acelga, teniendo la misma un mejor desarrollo y rendimiento de materia verde, aumentando su desarrollo y producción positivamente con rangos del 38 al 100 % de incremento de masa. El mejor tratamiento según los resultados fue Fordhook Giant con solución nutritiva de

5 cc + 1 cc/L de agua, el mismo que logró rendimiento de 0.26 kg/m² (Ube, 2014).

Ingresos

- Costo del kilo de Acelga: \$ 0.7/kg

Egresos:

- Costo de insumos tratamiento1: \$ 330
- Costo de insumos tratamiento2: \$ 300
- Costo de insumos tratamiento3: \$ 280
- Costo de insumos tratamiento4: \$ 250
- Costo de infraestructura: \$ 475 anual (950 bianual)
- Costo de Cosecha: \$ 20.

3. Cultivando lechuga (*Lactuca sativa* L.), bajo condiciones de hidroponía con concentraciones crecientes de una solución nutritiva a nivel de invernadero

El autor (Choez, 2019) evaluó el desarrollo de lechuga sometido a diferentes concentraciones en las SN de la FAO, dando resultados similares en cuanto al crecimiento del cultivo, sin embargo, en el crecimiento de la raíz si se observó diferencias, no obstante, los valores arrojados en las variables estudiadas no reflejaron una diferencia estadística, concluyendo que la solución estándar T1, es suficiente para la producción de este cultivo.

En la siguiente tabla se puede apreciar el análisis económico de cada tratamiento, tomando como valor referencial al Kg de lechuga en \$1.50, donde se reflejó que el mayor IB lo obtuvo el T1 corroborando lo antes mencionado y haciendo énfasis en que en con esta SN no es rentable el aumento de la concentración.

Tabla 4*Análisis económico de la investigación de Víctor Choez*

Tratamientos	Rendimiento kg/ha -1	IB	C/t	C/V	C/T	BN	RB/ C
Concentración estándar	3525	5534,25	84	436,5	3936,5	1351	1,34
Concentración media (50% +)	3050	4788,5	96	401	3901	674	1,17
Concentración alta (100% +)	3517	5521,69	111,5	463,2	3963,2	1312,3	1,33

Capítulo III

Metodología

Ubicación del área de investigación

Ubicación política

La investigación se realizó en el Rancho "Gloria Amanda" ubicado en la comuna El Polanco, parroquia el Esfuerzo, perteneciente a la provincia Santo Domingo de los Tsachilas, Cantón Santo Domingo.

Ubicación geográfica

El Rancho "Gloria Amanda" está ubicado en las coordenadas geográficas:

- Latitud: 0° 28' 48"W
- Longitud: 79° 12' 39" S
- Altura: 627 msnm

Figura 3

Ubicación geográfica de la investigación.



Nota: Esta figura muestra la ubicación geográfica de la investigación.

Ubicación ecológica

La zona donde se realizó la investigación cuenta con las siguientes características ecológicas:

- Temperatura media anual: 23 °C
- Humedad relativa: 97%
- Zona de vida: Bosque húmedo subtropical
- Altitud: 627 msnm

Materiales

Materiales de campo

- Plántulas de lechuga variedad "Salad bowl"
- Plántulas de acelga variedad "Fordhook giant"
- Plántulas de espinaca variedad "Viroflay"
- Tubos PVC y acoples varios
- Válvula check
- Systeme Xpress
- Bombas 1/2 hp
- Timer
- Electro válvula
- Tanques plásticos de 60 L
- Baldes plásticos
- Papel periódico

Materiales de oficina

- Hojas A4
- Computadora y accesorios
- USB
- Libreta de campo

Equipos

- Balanza
- Termómetro
- Flexómetro
- Atomizador
- Bomba de agua 1 HP

Insumos

- Tachigaren (250 cc)
- Propamocarb (250 cc)
- Rootex (1 Kg)
- Nitrato calcio (25 Kg)
- Nitrato de potasio (25 Kg)
- Nitrato de magnesio (Kg)
- Poliquel multi (250 cc)
- MKP 1 (Kg)
- Fosfato monoamonico (25 Kg)
- Kasumin (500 cc)
- Trampa para mosca doméstica (Feromona)

Métodos

Diseño experimental

Factores a probar.

Tabla 5

Factores y niveles evaluados.

Factores	Niveles
	S 1: Bechhart y Connors
	S 2: FAO A y B
Soluciones nutritivas (S)	S 3: Básica ajustada por autores Loor – Polo

Nota: Esta tabla muestra los factores y niveles evaluados en el proyecto.

Tratamientos a comparar

Los tratamientos comparados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 6

Descripción e identificación de tratamientos.

Tratamientos	Descripción
T1	Solución 1 “Bechhart y Connors”
T2	Solución 2 “FAO A y B”
T3	Solución 3 “Básica ajustada por autores Loor – Polo”

Diagrama DBCA

Figura 4

Diagrama del DBCA

I	t1r1	t1r3	t1r2
II	t2r2	t2r1	t2r3
III	t3r3	t3r2	t3r1

Características del área experimental

Tabla 7

Características del área Experimental

Diseño Experimental	DBCA
Nº de Repeticiones	3
Nº de tratamientos	3

Longitud del área experimental	7
Ancho del área experimental	5
Área total del experimento	35 m ²
Número de unidades experimentales	9
Longitud de unidad experimental	1,5 m
Ancho de la unidad experimental	1 m
Distancia entre plantas	0,2 m
N° Plantas/unidad experimental	42

Repeticiones.

La investigación se realizó con tres tratamientos y tres repeticiones, contando con un total de nueve unidades experimentales.

Características de las unidades experimentales.

Tabla 8

Descripción de las características de las unidades experimentales de la investigación.

Parámetro	Cantidad
Numero de tratamientos	3
Numero de repeticiones	3
Número de unidades experimentales	9
Numero de aves por UE	14
Número total de aves evaluadas	126

Nota: Esta tabla muestra las características de cada parámetro utilizado en el proyecto

Características y elaboración del prototipo

El prototipo propuesto conto con una estructura de madera predispuesta de manera escalonada, dando un total de tres pisos por sistema, cada piso consto de tres tubos de 3" de un metro de largo, unidos entre sí con reducciones de 3" a 2", y separados entre si a 20 cm, en los tubos se procedió a usar un sacabocados para distribuir en tres bolillos con una distancia de 20

cm un total de 14 plantas por piso, como se observa en las figuras 15,16 y17 en la siguiente sección.

Para el sistema de circulación de agua se usó un tanque de 60 litros, una bomba de medio caballo de fuerza, un sistema Xpress para auto ceba y una electroválvula con el fin de reducir la presión y evitar daños en el sistema radicular. En el tanque se conectó la bomba utilizando tubería de 1" y una válvula check que evitaba el retorno del agua, en el tanque se colocaron 50 litros, con el fin de que el retorno de la solución oxigene a la misma.

En el control de sistema se emplearon dos timers, programados de manera que exista circulación en el sistema por un lapso de cinco minutos cada hora, llegando en este lapso de tiempo a mantenerse dentro del sistema un volumen de 17,66 litros de solución, cubriendo por completo el sistema radicular.

Soluciones Nutritivas a Evaluar

Solución Bechhart y Connors

Formula desarrollada en la Estación Experimental Agrícola de New Jersey, usada alrededor de mundo principalmente en el cultivo de lechuga (*Latuca sativa*), en la tabla 8 se detallan sus componentes y respectivas cantidades, recalando que se deben disolver primero las sales de Fosfato (Valdiviezo, Ramirez, Chang, & Diego, 2005).

Tabla 9

Composición de la Solución Bechhart y Connors

Componente	Formula Química	Cantidad
Sulfato de Amonio	SO ₄ (NH ₄) ₂	30 g

Fosfato de Potasio monobásico	KH_2PO_4	57 g
Sulfato de Magnesio	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	114 g
Nitrato de Calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	486 g
*Cantidades para formular 200 litros de solución		

Solución A y B para Hidroponía FAO

La fórmula descrita en la tabla 9 y 10 fue formulada por (FAO, 1996), en conjunto con la Universidad de Talca en Chile, dicha fórmula además es incluida en el manual de cultivos hidropónicos propuestos por la FAO.

Tabla 10

Composición Solución A de Hidroponía

Componente	Formula Química	Cantidad
Fosfato Monoamónico	$(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$	340 g
Nitrato de Calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0,48 g
Nitrato de Potasio	KNO_3	2,48 g
*Cantidades para formular 10 litros de solución		

Tabla 11

Composición Solución B de Hidroponía

Componente	Formula Química	Cantidad
Sulfato de magnesio	MgSO_4	492 g

Sulfato de cobre	CuSO_4	0,48 g
Sulfato de manganeso	MnSO_4	2,48 g
Sulfato de zinc	ZnSO_4	1,2 g
Ácido bórico	H_3BO_3	6,2 g
*Cantidades para formular 4 litros de solución		

En la solución B se omitieron ciertos oligoelementos, debido a su complejidad para conseguirlos.

Solución Propuesta

La siguiente solución ha sido formulada por (Pérez, 2014) y adaptada por los autores de la presente tesis con un número reducido de fertilizantes, en la tabla 11 se describe cada uno.

Tabla 12

Composición Solución Básica

Componente	Formula Química	Cantidad
Nitrato de Calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	118 g
Muriato de Potasio	KCl	49 g
Fosfato Mono potásico	KH_2PO_4	29 g
*Cantidades para formular 100 litros de solución		

Diagrama del prototipo propuesto

Diagrama demostrativo

Figura 5

Diagrama demostrativo del prototipo

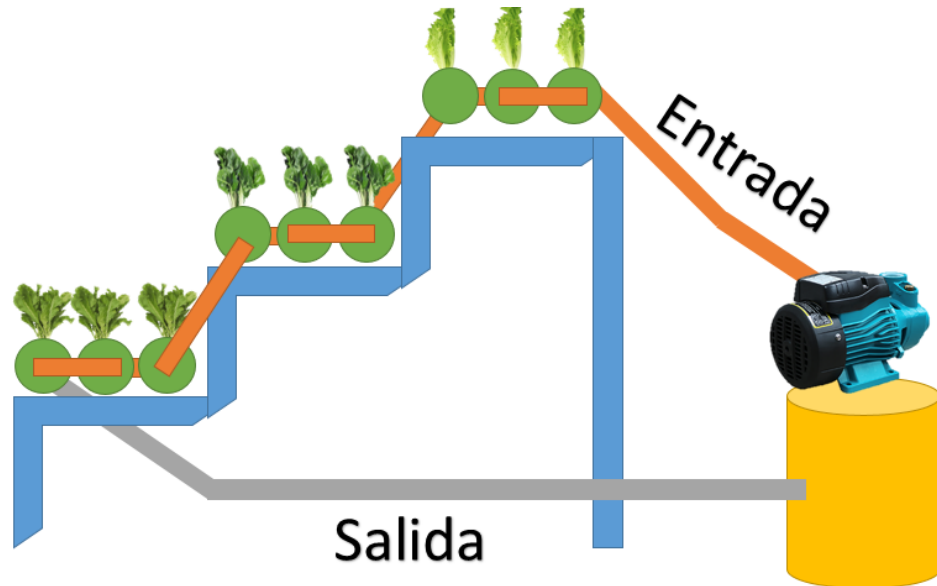


Diagrama frontal y dimensiones del prototipo

Figura 6.

Diagrama frontal y dimensiones del prototipo

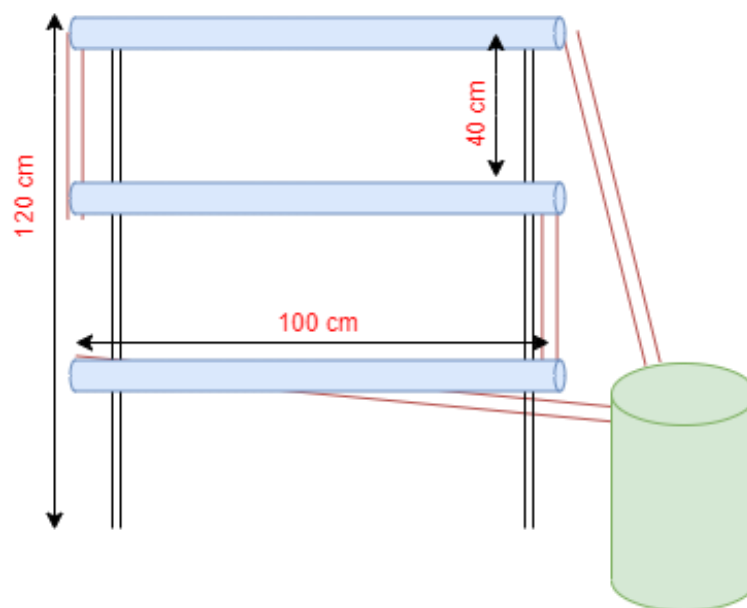
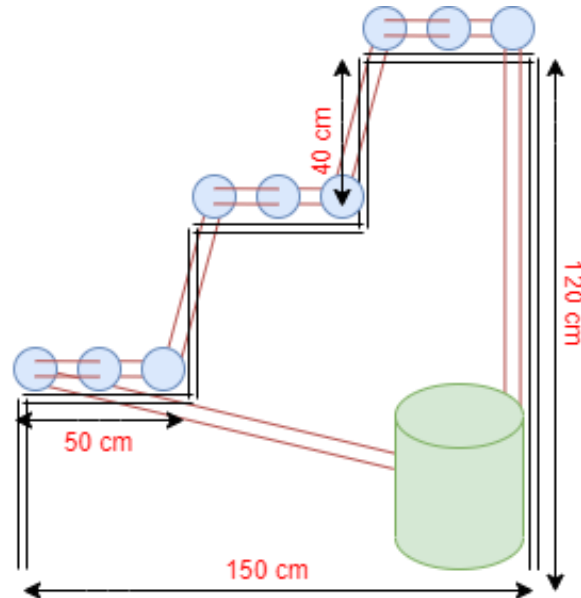


Diagrama lateral y dimensiones del prototipo

Figura 7

Diagrama lateral y dimensiones del prototipo



Análisis estadístico

Coeficiente de variación.

Para determinar el coeficiente de variación se utilizó la siguiente

ecuación:

$$cv = \frac{\sqrt{CM_e}}{\bar{x}} \times 100$$

Donde:

$cv =$ Coeficiente de variación

$CM_e =$ Cuadrado medio del error

$\bar{x} =$ Media general del experimento

Análisis funcional.

Los métodos fueron evaluados mediante un análisis de varianza (ADEVA) utilizando la prueba de Tukey al 5% para medias significativas.

Análisis económico.

Se determinó los costos de producción y su rentabilidad a través de un indicador Costo/Beneficio, mediante la estimación de los costos de producción y los ingresos generados en la cosecha hasta la cuarta semana de edad

Variables evaluadas**Altura de la planta**

Esta variable expresada en centímetros fue registrada semanalmente desde la primera hasta la cuarta semana después de la siembra

Longitud de la raíz

Esta variable expresada en centímetros fue registrada semanalmente desde la primera hasta la cuarta semana después de la siembra

Número de hojas

Para esta variable se contó la cantidad de hojas verdaderas que salieron desde la primera hasta la cuarta semana después de la siembra.

Peso de raíz

Esta variable expresada en gramos fue registrada al momento de realizar la cosecha, separando la parte radicular de la vegetativa y considerando el peso de la esponja dentro del vaso.

Peso parte vegetativa

Esta variable expresada en gramos fue registrada al momento de realizar la cosecha, separando la parte vegetativa de la radicular.

Rendimiento por planta (g/planta)

Esta variable expresada en gramos fue registrada al momento de la cosecha, considerando solamente la parte vegetativa.

Rendimiento por unidad de área (m²)

Esta variable expresada en Kg fue registrada al momento de la cosecha, considerando solamente la parte vegetativa

Análisis bromatológico

Para esta variable se consideró solamente la parte vegetativa (cosecha) como muestra fresca.

Análisis Costo/Beneficio de cada tratamiento

Se tomó la relación del rendimiento por m² con la cosecha y el número de cosechas totales proyectadas a un año calendario.

Capítulo IV

Resultados y discusiones

Análisis Estadístico Cultivo de Lechuga

Para los siguientes análisis se usó la aplicación InfoStat, dentro del cual se procedió a realizar el análisis de varianza con la prueba de Tukey y un nivel de significancia de 0,05; a cada una de las variables a estudiar.

Variable 1: Longitud de la Planta

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
L.PLANTA	42	0,66	0,64	22,20

Análisis de la Varianza (SC tipo III)

Tabla 13

Análisis de la varianza para la variable longitud de la planta

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2406,08	2	1203,04	37,84	<0,0001
TRATAMIENTO	2406,08	2	1203,04	37,84	<0,0001
Error	1240,04	39	31,80		
Total	3646,12	41			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=5,19240

Tabla 14.

Test de tukey para la variable longitud de la planta

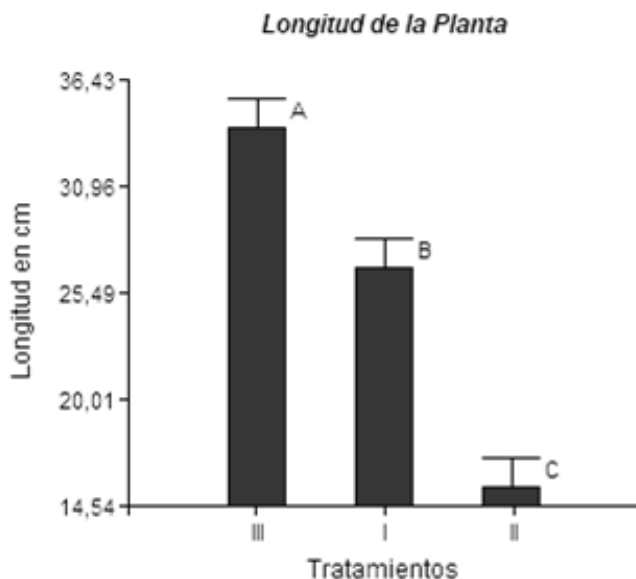
Error: 31,7958 gl: 39

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
III	33,93	14	1,51	A
I	26,75	14	1,51	B
II	15,54	14	1,51	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Gráfico 1

Longitud de la planta en centímetros



En la tabla 12 se muestran las medias para la variable longitud de la planta en los tres tratamientos para el cultivo de lechuga, obteniendo mediante el análisis de varianza diferencias significativas para los tres tratamientos con un p- valor de 0,0001, siendo el tratamiento tres el que demostró un mejor desarrollo con una media de 33,93 cm. El autor (Vicente Isabel Mendoza, 2015) , el cual evaluó la solución de la FAO y obtuvo una media de 22 cm de longitud, valor que al compararse con el T2 del ensayo (14,54 cm).refleja que existe una diferencia significativa entre los mismos.

Variable 2: Longitud de la Raíz

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
L.RAIZ	42	0,72	0,70	19,49

Análisis de la Varianza (SC tipo III)**Tabla 15**

Análisis de la varianza para la variable longitud de la raíz

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	583,19 2	291,60 49,89	<0,0001		
TRATAMIENTO	583,19 2	291,60 49,89	<0,0001		

Error	227,9339	5,84	
Total	811,1241		-----

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,22613

Tabla 16

Test de Tukey para la variable longitud de raíz

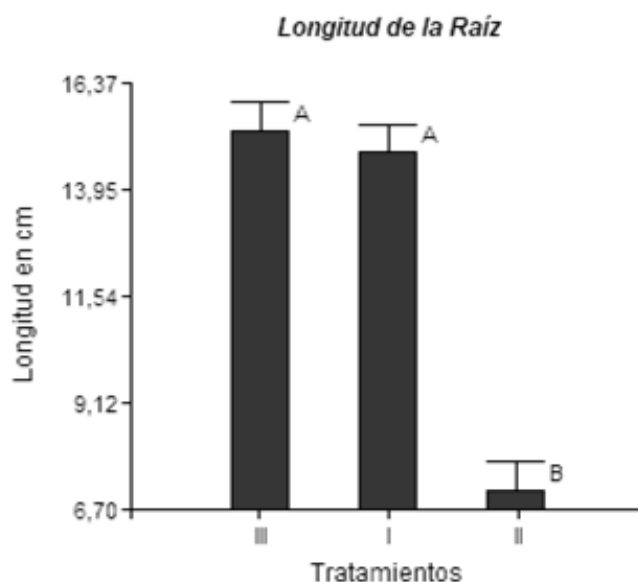
Error: 5,8443 gl: 39

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
III	15,29	14	0,65 A
I	14,79	14	0,65 A
II	7,14	14	0,65 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Gráfico 2

Longitud de la raíz en centímetros



Como se muestra en la tabla 15 las medias para la variable longitud de raíz en cada tratamiento, demuestran que entre el tratamiento uno y tres no existe diferencia significativa a diferencia del tratamiento dos en el que si la hay, además mediante el análisis de varianza se obtuvo un p-valor de 0,0001, el tratamiento tres obtuvo una longitud superior (15,29) a los otros tratamientos, el T2 fue el que presentó el menor valor con 7,14 cm, contrastando con lo obtenido por el autor (Choez, 2019) que evaluó la solución nutritiva de la FAO en donde registró un valor de 31,45 cm

promedio, recalcando que en este ensayo se manejó el sistema de raíz flotante, que además de ser diferente manejo, el mismo autor indicó que el crecimiento radicular tiende a ser mayor por el espacio que tiene el sistema radicular para su desarrollo a comparación del sistema NFT.

Variable 3: Número de Hojas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
# HOJAS	42	0,81	0,80	14,88

Análisis de la Varianza (SC tipo III)

Tabla 17

Análisis de la varianza para la variable número de hojas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	603,57 2	301,79	85,24	<0,0001	
TRATAMIENTO	603,57 2	301,79	85,24	<0,0001	
Error	138,07 39	3,54			
Total	741,64 41				-----

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,73262

Tabla 18

Test de Tukey para la variable número de hojas

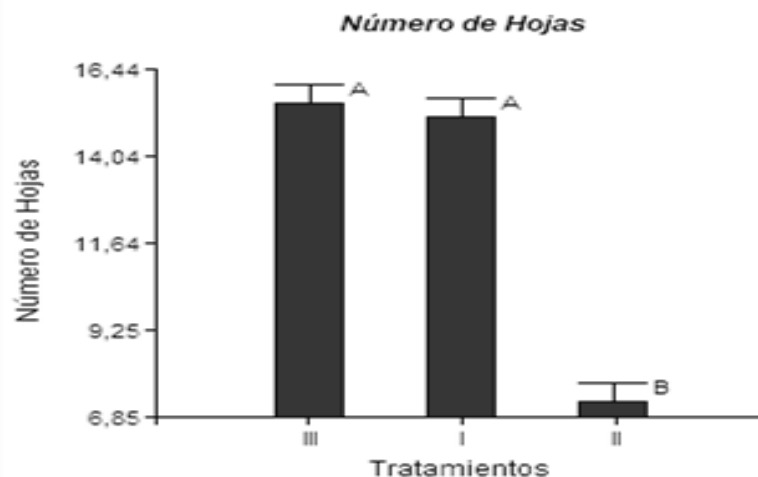
Error: 3,5403 gl: 39

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
III	15,50	14	0,50 A
I	15,14	14	0,50 A
II	7,29	14	0,50 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Gráfico 3

Número de hojas por tratamiento



En la tabla 17 se indican las medias para la variable número de hojas para cada uno de los tratamientos, mostrando que entre el tratamiento uno y tres no existe diferencia significativa para esta variable, además de obtener un p-valor de 0,0001 mediante el análisis de varianza, las medias de cada tratamiento fueron de 15,14 para el tratamiento uno y 15,5 para el tratamiento tres. En el tratamiento dos se obtuvo un total de 7 hojas, dato que se corrobora con el número de hojas registrado por (Choez, 2019), el cual tuvo un valor de 7 hojas usando la solución propuesta por la FAO reflejando que estadísticamente no hay diferencia.

Variable 4: Peso parte Vegetativa

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PESO HOJAS	42	0,66	0,64	49,15

Análisis de la Varianza (SC tipo III)

Tabla 19

Análisis de la varianza para la variable peso de la parte vegetativa

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	22992,57	2	11496,29	37,45	<0,0001
TRATAMIENTO	22992,57	2	11496,29	37,45	<0,0001
Error	11971,07	39	306,95		
Total	34963,64	41			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=16,13308

Tabla 20

Test de Tukey para la variable peso de la parte vegetativa

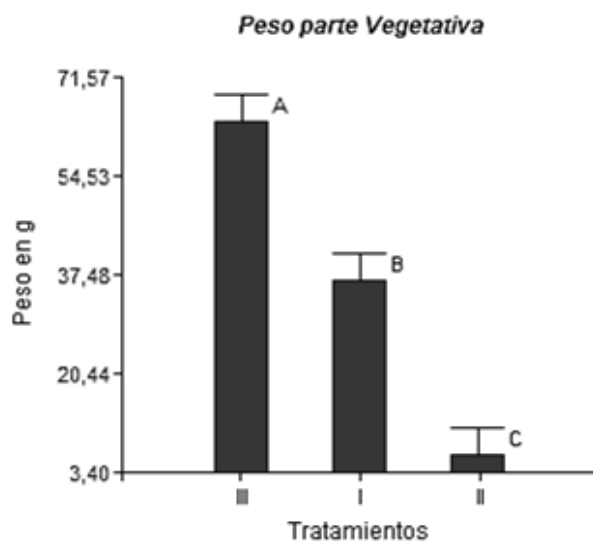
Error: 306,9505 gl: 39

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
III	63,79	14	4,68 A
I	36,64	14	4,68 B
II	6,50	14	4,68 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Gráfico 4

Peso de la parte vegetativa en gramos



En la tabla 19 se muestran las medias para la variable peso de la parte vegetativa en los tres tratamientos para el cultivo de lechuga, siendo esta la variable más importante para el posterior análisis económico, de igual manera mediante el análisis de varianza se obtuvieron diferencias significativas para los tres tratamientos con un p-valor de 0,0001, siendo el tratamiento tres el que demostró un mejor desarrollo con una media de 63,79 g. El tratamiento dos tuvo el menor peso con una media de 6,5 g, este valor contrasta con lo descrito por (Choez, 2019), el cual usando la solución de la FAO obtuvo 14,1 g, recalcando que este autor no varió las fuentes de fertilizante para la elaboración de la solución.

Variable 5: Peso parte Radicular

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PESO RAIZ	42	0,21	0,17	46,60

Análisis de la Varianza (SC tipo III)**Tabla 21**

Análisis de la varianza para la variable peso de la parte radicular

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	953,19	2	476,60	5,07	0,0110
TRATAMIENTO	953,19	2	476,60	5,07	0,0110
Error	3667,29	39	94,03		
Total	4620,48	41			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=8,92942

Tabla 22

Test de Tukey para la variable peso de la parte radicular

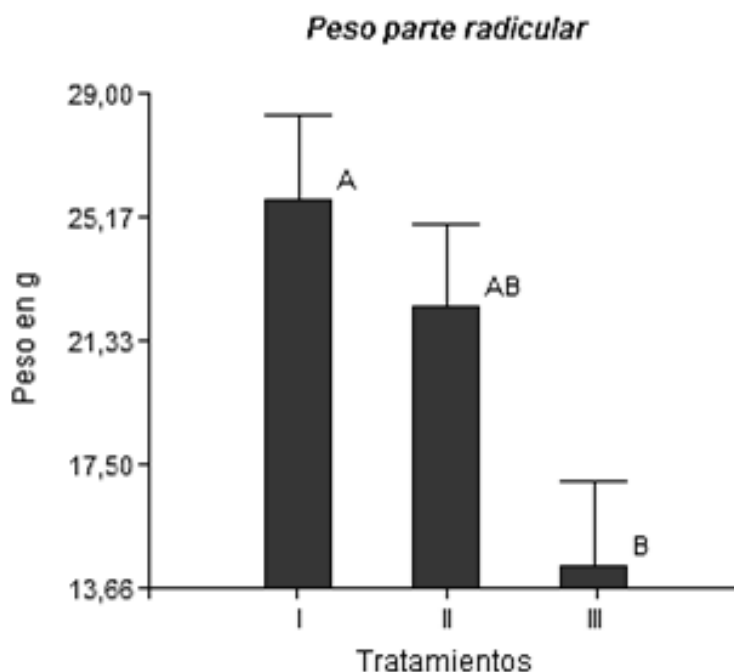
Error: 94,0330 gl: 39

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
I	25,71	14	2,59
II	12,36	14	2,59
III	14,36	14	2,59

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Gráfico 5

Peso de la parte radicular en gramos



Como se muestra en la tabla 21 las medias para la variable peso radicular en cada tratamiento, demuestran que entre el tratamientos no existe diferencia significativa además de que mediante el análisis de varianza se obtuvo un p-valor de 0,011, siendo numéricamente el tratamiento 1 el que obtuvo mayor desarrollo radicular teniendo 25,71 g de peso, el cual al ser

comparado con el valor obtenido (11 g) por el autor (Mora, 2014) se evidencia una diferencia significativa, no obstante al ser comparado con el T2 que presentó 12,36 g muestra una diferencia no significativa.

Desarrollo semanal del Cultivo

Gráfico 6

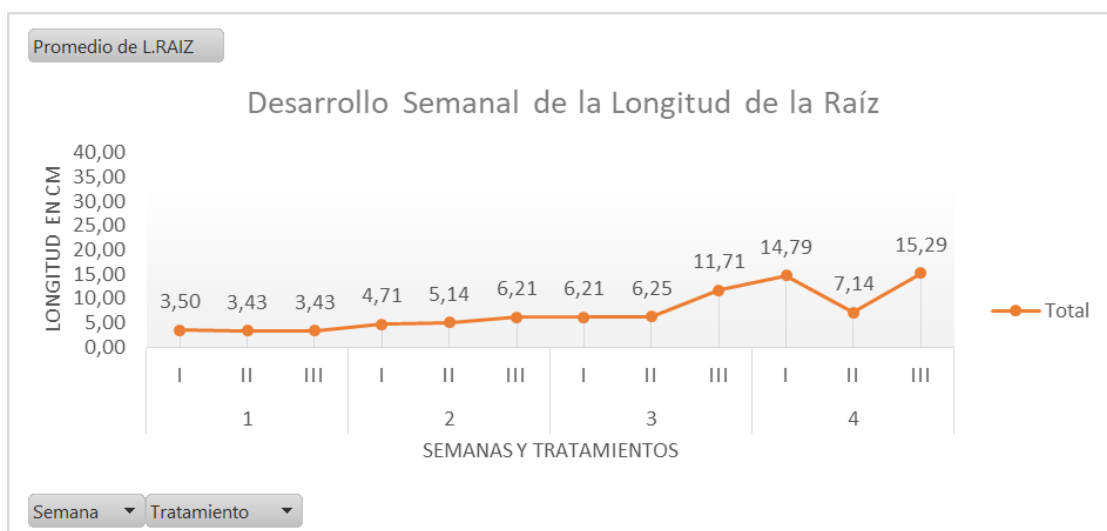
Desarrollo semanal de la altura



Como observamos en la gráfica 3 los tres tratamientos iniciaron con plántulas estadísticamente iguales, empezando a partir de la segunda toma de datos una clara diferenciación de tratamiento uno y tres con respecto al tratamiento dos, llegando a duplicar sus valores para la última toma de datos.

Gráfico 7

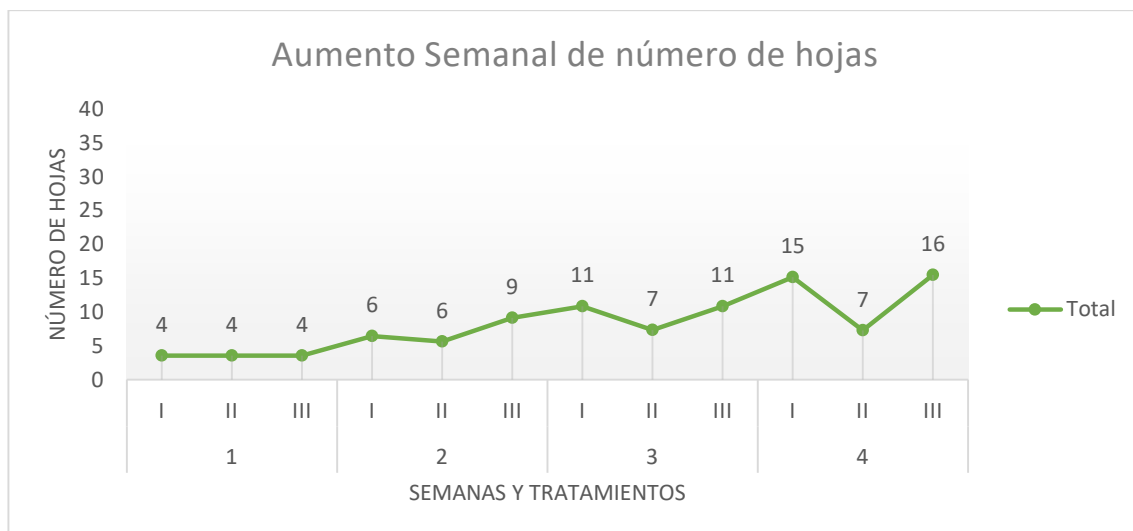
Desarrollo semanal longitud de la raíz



semana presentaron un valor sin diferencia significativa con el tratamiento uno, como se indicó previamente.

Gráfico 8

Aumento semanal del número de hojas



Como observamos en la gráfica 5 al igual que en las otras variables es a partir de la tercera toma de datos donde se aprecia una diferenciación entre datos, siendo al final el tratamiento uno y tres estadísticamente iguales.

Producción por Unidad de Superficie y rendimiento Económico

Tabla 23

Producción por Unidad de Superficie y rendimiento Económico

Tratamiento	Producción/m ² en kg, 29 plantas/m ²)	Ingresos por m ²
I	1,06	\$1,94
II	0,19	\$0,34
III	1,85	\$3,39

Precio referencial del kg de lechuga cressa: \$1,36
Obtenido del comerciante Andrés Jinez Medina

Tabla 24*Ingreso neto y rentabilidad por metro cuadrado*

Tratamiento	Costos		Ingreso Bruto	Ingreso Neto	Rentabilidad
	Plántulas	Insumos			
I	2,1	\$0,56	\$2,09	-\$0,57	-21%
II	2,1	\$1,72	\$0,37	-\$3,45	-90%
III	2,1	\$0,43	\$3,64	\$1,11	44%

Ingreso por sistema de producción con 42 plantas cada 30 días

En la tabla 22 se muestra que el tratamiento en el que se obtuvo un mayor ingreso neto/m² fue el “tres” con un valor de \$1,11. Contrastando con el autor (Choez, 2019) que obtuvo un ingreso neto por metro cuadrado de \$0,55, esto debido al costo elevado de las fuentes fertilizantes a las que se rigió con la solución de la FAO, razón por la cual se optó por reemplazar ciertas fuentes de dicha solución, sin embargo, pese a reducir los costos de la SN, no reflejaron los resultados esperados en rendimiento.

Tabla 25*Proyección anual por metro cuadrado*

Tratamiento	Ingreso Neto/cosecha	Cosechas al año	Ingreso Neto/anual	Ingreso neto(400m2)
I	-\$0,57	12 \$	-6,82 \$	-2.728,32
II	-\$3,45	12 \$	-41,39 \$	-16.556,62
III	\$1,11	12 \$	13,31 \$	5.325,70

Análisis Estadístico Cultivo de Acelga

Para los siguientes análisis se usó la aplicación InfoStat, dentro del cual se procedió a realizar el análisis de varianza con la prueba de Tukey y un nivel de significancia de 0,05; a cada una de las variables a estudiar.

Variable 1: Longitud de la Planta

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
L.PLANTA	42	0,62	0,60	17,73

Análisis de la Varianza (SC tipo III)

Tabla 26

Análisis de la varianza para la variable longitud de la planta

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	739,00	2	369,50	32,18	<0,0001
TRATAMIENTO	739,00	2	369,50	32,18	<0,0001
Error	447,77	39	11,48		
Total	1186,77	41			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,12016

Tabla 27

Test de Tukey para la variable longitud de la planta

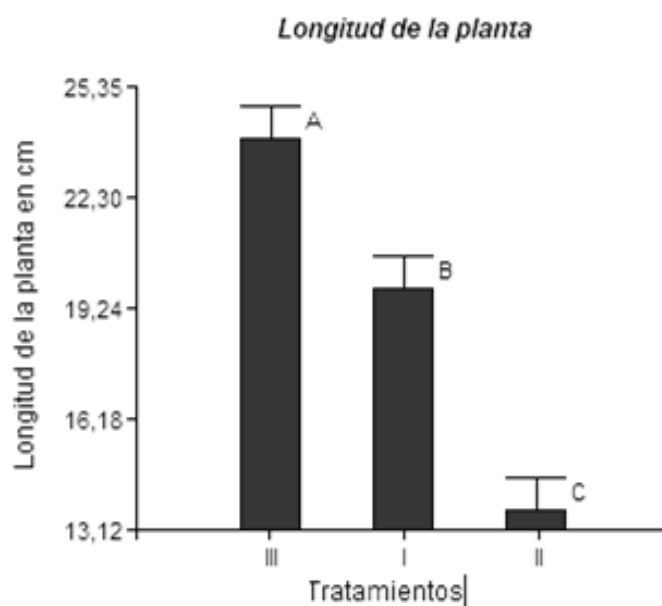
Error: 11,4812 gl: 39

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
III	23,89	14	0,91 A
I	19,75	14	0,91 B
II	13,68	14	0,91 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Gráfico 9

Longitud de la planta en centímetros



En la tabla 26 se muestran las medias para la variable longitud de la planta en los tres tratamientos para el cultivo de acelga, obteniendo mediante el análisis de varianza diferencias significativas para los tres tratamientos con un p- valor de 0,0001, siendo el tratamiento tres el que demostró un mejor desarrollo con una media de 23,89 cm a los 35 días de trasplante, mostrándose una diferencia significativa con los datos obtenidos por (Ube, 2014) el cual a los 30 días de siembra obtuvo 8 cm con la misma variedad (Fordhook Giant) utilizada en el presente trabajo con la solución Universal La Molina, que si bien no comparte las mismas características que la SN propuesta del T3, es ampliamente usada para ensayos referentes a temas hidropónicos, siendo una base confiable para comparar.

Variable 2: Longitud de la Raíz

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
L.RAIZ	42	0,73	0,72	21,92

Análisis de la Varianza (SC tipo III)

Tabla 28

Análisis de varianza para la variable longitud de raíz

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	540,62	2	270,31	53,65	<0,0001
TRATAMIENTO	540,62	2	270,31	53,65	<0,0001
Error	196,50	39	5,04		
Total	737,12	41			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,06696

Tabla 29

Test de tukey para la variable longitud de raíz

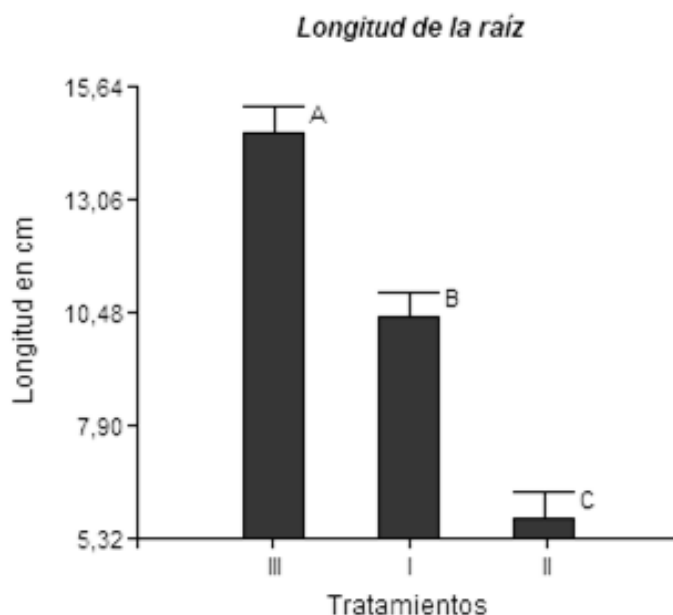
Error: 5,0385 gl: 39

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
III	14,57	14	0,60 A
I	10,36	14	0,60 B
II	5,79	14	0,60 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Gráfico 10

Longitud de la raíz en centímetros



Como se muestra en la tabla 29 las medias para la variable longitud de raíz en cada tratamiento, demuestran que existe diferencia significativa entre los tres tratamientos además de que mediante el análisis de varianza se obtuvo un p-valor de 0,0001, la media de longitud del tratamiento tres es de 14,57 siendo la mayor en comparación con los demás tratamientos. Este valor se compara con el dato obtenido por el autor (Ube, 2014) el cual fue de 9,4 cm a los 30 días, arrojando una diferencia significativa con la solución Universal La Molina, que si bien no comparte las mismas características que la SN propuesta del T3, es ampliamente usada para ensayos referentes a temas hidropónicos, siendo una base confiable para comparar

Variable 3: Número de Hojas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
# HOJAS	42	0,29	0,26	22,85

Análisis de la Varianza (SC tipo III)**Tabla 30**

Análisis de la varianza para la variable número de hojas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	60,19	2	30,10	8,02	0,0012
TRATAMIENTO	60,19	2	30,10	8,02	0,0012
Error	146,2939	3,75			
Total	206,4841				

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,78341

Tabla 31

Test de Tukey para la variable número de hojas

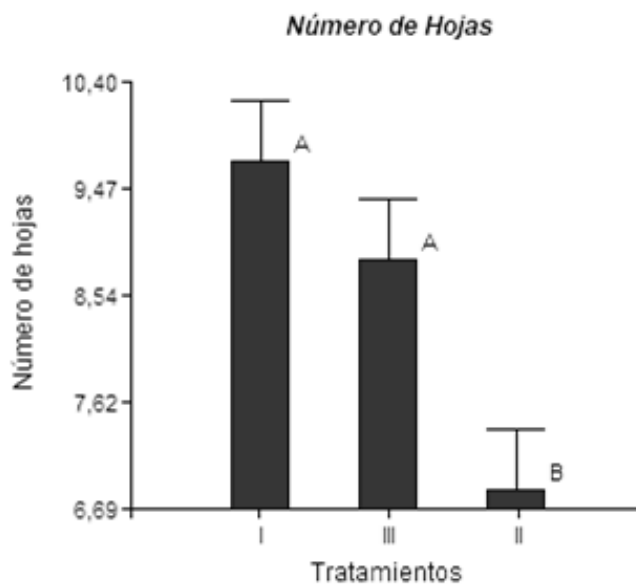
Error: 3,7509 gl: 39

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
I	9,71	14	0,52 A
III	8,86	14	0,52 A
II	6,86	14	0,52 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Gráfico 11

Número de hojas



En la tabla 28 se indican las medias para la variable número de hojas para cada uno de los tratamientos, mostrando que entre el tratamiento uno y tres no existe diferencia significativa para esta variable, sin embargo, con el T2 si la hay, además de obtener un p- valor de 0,0012 mediante el análisis de varianza, las medias de cada tratamiento fueron de 9,71 para el tratamiento 1 y 8,86 para el tratamiento tres, los cuales son inferiores al resultado obtenido por el autor (Ube, 2014) en su investigación (10,8 hojas), en la cual además

recalca que si bien obtuvo un mayor número de hojas finales, no todas fueron de buena calidad, a diferencia de las hojas presentes en los T3 y T1 que a pesar de tener un número inferior en cantidad, se recupera en calidad.

Variable 4: Peso parte Vegetativa

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PESO HOJAS	42	0,56	0,53	46,73

Análisis de la Varianza (SC tipo III)

Tabla 32

Análisis de varianza para la variable peso de la parte vegetativa

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1596,05	2	798,02	24,40	<0,0001
TRATAMIENTO	1596,05	2	798,02	24,40	<0,0001
Error	1275,57	39	32,71		
Total	2871,62	41			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=5,26627

Tabla 33

Test de Tukey para la variable peso de la parte vegetativa

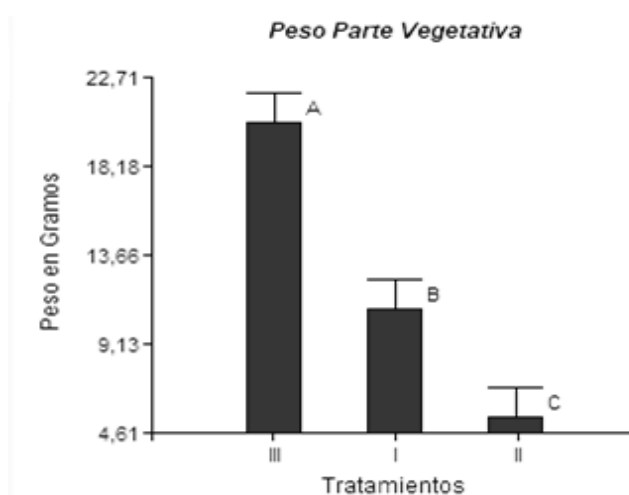
Error: 32,7070 gl: 39

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
III	20,36	14	1,53 A
I	10,93	14	1,53 B
II	5,43	14	1,53 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Gráfico 12

Peso de la parte vegetativa en gramos



En la tabla 30 se muestran las medias para la variable peso de la parte vegetativa en los tres tratamientos, para el cultivo de acelga siendo esta la variable de suma importancia para el posterior análisis económico, de la misma manera mediante el análisis de varianza se obtuvieron diferencias significativas para los tres tratamientos con un p-valor de 0,0001, siendo el tratamiento tres el que demostró un mejor desarrollo con una media de 20,36 g.

Variable 5: Peso parte Radicular

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PESO RAIZ	42	0,19	0,15	43,54

Análisis de la Varianza (SC tipo III)

Tabla 34

Análisis de varianza para la variable peso de la parte radicular

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	536,71	2	268,36	4,70	0,0148
TRATAMIENTO	536,71	2	268,36	4,70	0,0148
Error	2226,93	39	57,10		
Total	2763,64	41			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=6,95831

Tabla 35

Test de tukey para la variable peso de la parte radicular

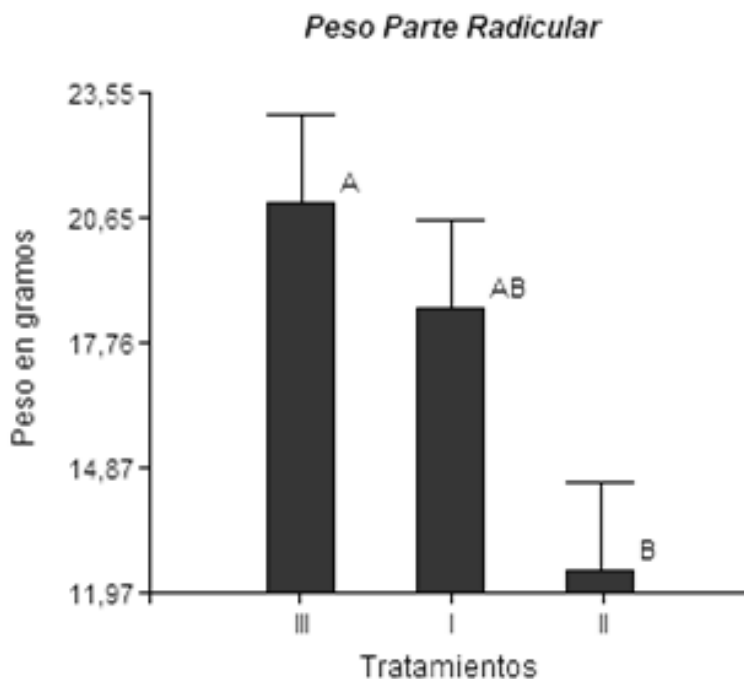
Error: 57,1007 gl: 39

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
III	21,00	14	2,02 A
I	18,57	14	2,02 A B
II	12,50	14	2,02 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Gráfico 13

Peso de la parte radicular en gramos

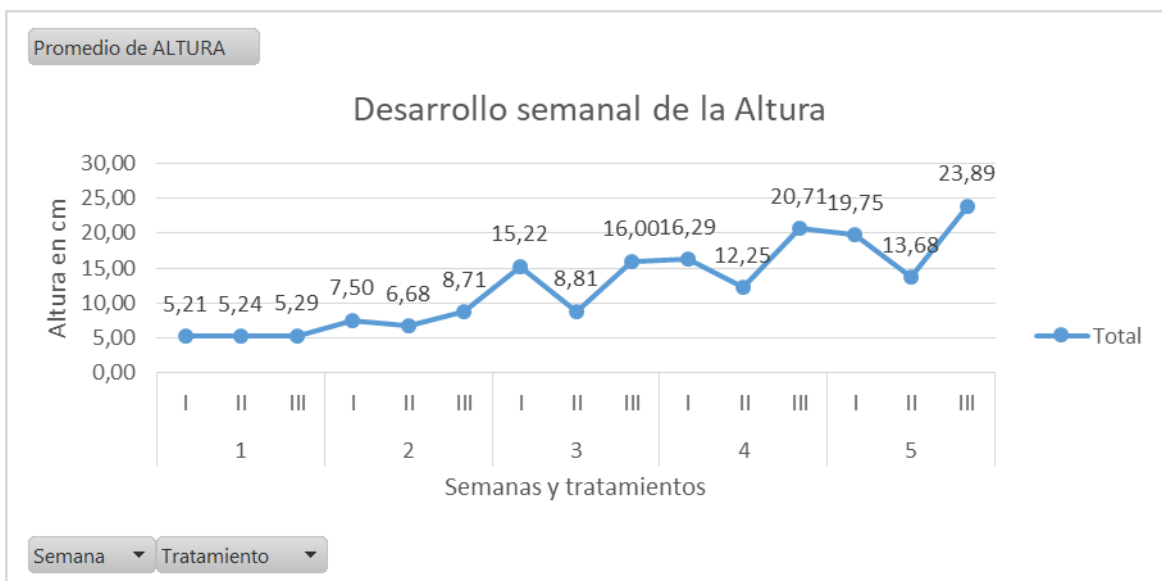


Como se muestra en la tabla 32 las medias para la variable peso radicular en cada tratamiento, demuestran que entre los tratamientos no existe diferencia significativa además de que mediante el análisis de varianza se obtuvo un p-valor de 0,0148, siendo numéricamente el tratamiento 3 el que obtuvo mayor desarrollo radicular teniendo 21 g de peso, dato que al compararse con lo registrado (4,8 g) por el autor (Ube, 2014) refleja una diferencia significativa con la solución Universal La Molina, que si bien no comparte las mismas características que la SN propuesta del T3, es ampliamente usada para ensayos referentes a temas hidropónicos, siendo esta una base confiable de comparaciones.

Desarrollo semanal del Cultivo

Gráfico 13

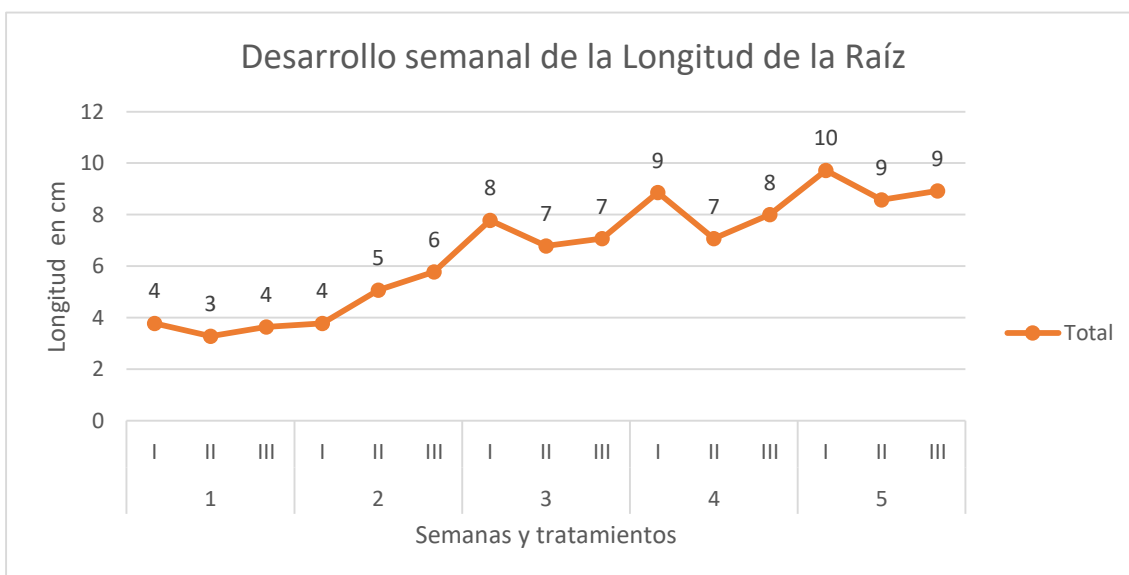
Desarrollo semanal de altura



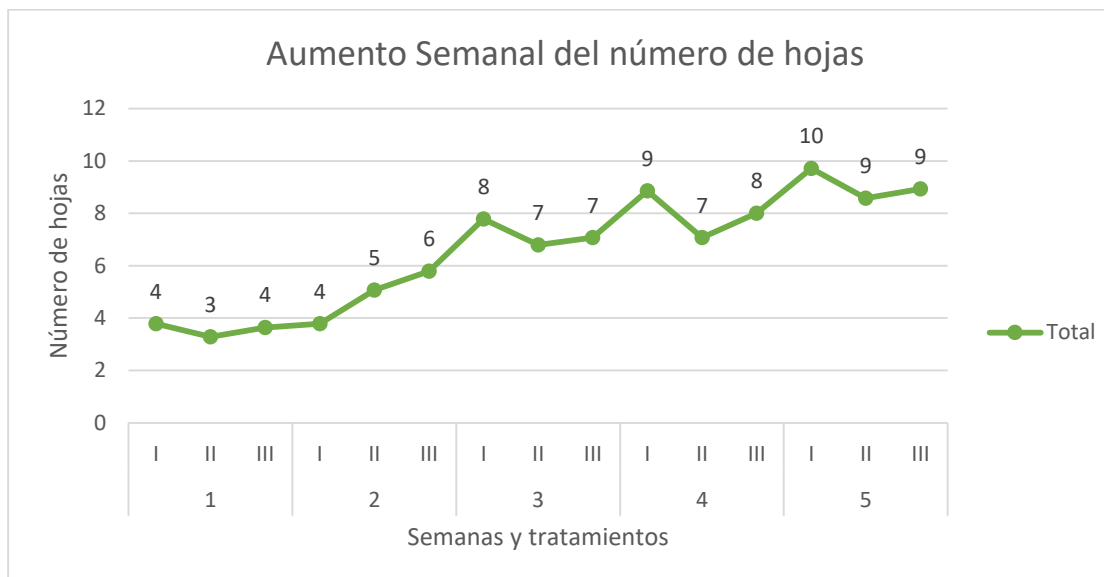
Como observamos en el gráfico 13 tres tratamientos iniciaron con plántulas similares al igual que el caso de la lechuga, presentando a partir de la tercera semana una diferenciación del tratamiento uno y tres con respecto al tratamiento dos, llegando a tener al final más desarrollo el tratamiento tres.

Gráfico 14

Desarrollo semanal de longitud radicular



En cuanto al desarrollo radicular podemos observar en la gráfica 14 que el crecimiento fue relativamente parejo, y no se presentó un incremento exorbitante desde la primera toma de datos hasta la última.

Gráfico 15*Desarrollo semanal de número de hojas*

Como observamos en la gráfica 15 se observa un incremento constante. En los tres tratamientos, sin embargo como se observó en la tabla 29 existieron diferencias en el peso, esto debido al tamaño de las hojas.

Producción por Unidad de Superficie y rendimiento Económico

Tabla 36*Producción por Unidad de Superficie y rendimiento Económico*

Tratamiento	Producción por m ² (kg)(29 plantas/m ²)	Ingresos por m ²
I	0,32	\$1,22
II	0,16	\$0,60
III	0,59	\$2,27

Precio referencial del kg de Acelga: \$3,84 Obtenido de Juan Andrés Guamán Parra (Estudio de la demanda de productos hortícolas en los hogares de la ciudad de Cuenca y su relación con la producción de la parroquia San Joaquín Bajo)

La media de producción por m² entre los tratamientos evaluados fue de 0,35 kg/m², el cual supera al obtenido por el autor (Ube, 2014) que obtuvo un rendimiento de 0,26 kg/m², demostrando una mayor eficacia a

comparación de la solución Universal La Molina, que si bien no comparte las mismas características que las SN propuestas en los tratamientos, es ampliamente usada para ensayos referentes a temas hidropónicos, siendo una base confiable para comparar

Tabla 37*Ingreso neto y rentabilidad por metro cuadrado*

Tratamiento	Costos (42 plantas)		Ingreso Bruto	Ingreso Neto	Rentabilidad
	Plantas	Insumos			
I	1,2	\$0,56	\$1,76	\$0,00	0%
II	1,2	\$1,72	\$0,87	-\$2,05	-70%
III	1,2	\$0,43	\$3,28	\$1,65	101%

Ingreso por Sistema cada 35 días

Proyección anual por m2**Tabla 38***Proyección anual por metro cuadrado*

Tratamiento	Ingreso Neto/cosecha	Cosechas al año	Ingreso Neto/anual	Ingreso neto(400m2)
I	\$0,00	10,43	\$ -0,00	\$ -1,09
II	-\$2,05	10,43	\$ -21,34	\$ -8.536,57
III	\$1,65	10,43	\$ 17,19	\$ 6.875,05

Capítulo V

Conclusiones

En las variables desarrollo vegetativo y número de hojas, el mejor tratamiento fue T3, seguido por T1, tanto en lechuga como en acelga, datos reflejados en el costo/beneficio, diferenciándose estos dos tratamientos en el costo de producción debido a que T3 como fue mencionado su fórmula fue adaptada con un reducido contenido de fertilizantes.

En sistemas hidropónicos el desarrollo vegetativo es de suma importancia considerándose esta variable para este estudio, el cultivo de lechuga fue el que presentó mayor desarrollo longitudinal en el T1 y T3, así como un mejor desarrollo en biomasa en el T1, en otro caso, en el cultivo de acelga T3 fue el de mejor desarrollo.

El promedio más alto para producción por m^2 del cultivo de lechuga considerando una media de $1,85 \text{ kg}/m^2$ lo obtuvo el T3, mismo que también tuvo la media más alta en las plantas de acelga con $0,59 \text{ kg}/m^2$.

En el T3, la lechuga presenta la mejor viabilidad económica, se obtuvo una proyección de ingresos netos anuales de \$13,31 por metro cuadrado de cultivo, en otro caso el cultivo de acelga tuvo una proyección de ingresos de \$17,19 por metro cuadrado.

Recomendaciones

Para futuras investigaciones se recomienda la incorporación de micro elementos en la solución nutritiva, para mejorar la nutrición y alcanzar mejores rendimientos a los obtenidos en esta investigación.

Se recomienda realizar análisis de laboratorio del agua para llevar un mejor control en optimización de las fuentes a emplear y evitar posibles antagonismos entre las mismas y/o alteraciones de las soluciones debido a factores como pH, CE, entre otros.

Se recomienda contar con instrumentos para el monitoreo de CE, pH, dureza, del agua y de las soluciones nutritivas.

Se recomienda ensayos en el cultivo de espinaca, variando la frecuencia de circulación de la solución nutritiva, y revisando la composición de las soluciones considerando los requerimientos de este cultivo.

Bibliografía

Beltrano, J., & Gimenez, O. (2020). Cultivo en hidroponía. *Cultivo En Hidroponía*. <https://doi.org/10.35537/10915/46752>

Choez, V. A. (2019). "Cultivando lechuga (*Lactuca sativa* L.), bajo condiciones de hidroponía con concentraciones crecientes de una solución nutritiva a nivel de invernadero." *UTEQ*.

FAO. (1996). *LA EMPRESA HIDROPONICA DE MEDIANA ESCALA: LA TECNICA DE LA SOLUCION NUTRITIVA RECIRCULANTE ("NFT")*. Talca: Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.

FAO. (s.f.). Perspectiva por Sectores Principales. En *Agricultura Mundial* (págs. 33-74). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Obtenido de <http://www.fao.org/3/y3557s/y3557s04.pdf>

INEC. (2019). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC)*. Quito: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).

Mendoza Rodriguez, V. I. (2015). *Efecto de tres soluciones nutritivas en el rendimiento y calidad de *Lactuca sativa* en sistema hidropónico*. Santiago de Chuco: Universidad Nacional de Trujillo.

Mora, A. C. Z. (2014). "ESTUDIO COMPARATIVO DE TRES GENOTIPOS DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) CULTIVADAS EN TRES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN HIDROPÓNICA". *Universidad de Guayaquil*, 634. Retrieved from <https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/saglikli-beslenme-hareketli-hayat-db/Yayinlar/kitaplar/diger-kitaplar/TBSA-Beslenme-Yayini.pdf>

Naturnoa. (2015). *Naturnoa*. Obtenido de <http://naturnoa.com/>:
<http://naturnoa.com/es/lechugas/51-lechuga-green-salad-bowl-semillas-sin-tratamiento.html>

Reyes, E., & Durán, V. H. (2008). Seguridad alimentaria. *Cienc. Trab.*

Ube, R. (2014). Adaptación y comportamiento agronómico de dos “variedades de acelga (*Beta vulgaris*), sembradas mediante sistema hidropónico de raíz flotante, en la zona de Babahoyo. *UTB*.

Vicente Isabel Mendoza. (2015). *Efecto de tres soluciones nutritivas en el rendimiento y calidad de Lactuca sativa L. Var. Capitata cv. White Boston en sistema hidroponico en santiago de chuco*. 212. Retrieved from <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10082/Arística Luna Fabiola Yamali.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Valdiviezo, E., Ramirez, C., Chang, J., & Diego, R. (2005). *AVANCES EN LA INVESTIGACION SOBRE PRODUCCION HIDROPONICA DE HORTALIZAS*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.