



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE AGROPECUARIA**

**TEMA:**

**Evaluación del efecto de tres diferentes soluciones nutritivas  
en cultivo flotante de lechuga (*Lactuca sativa*) en la Costa del  
Ecuador**

**AUTORA:**

**Aguirre Romero, Thais Amanda**

**Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del  
título de Ingeniería Agropecuaria**

**TUTOR**

**Lcdo. Alfonso Llanderal Quiroz, Ph.D.**

**Guayaquil, Ecuador**

**13 de febrero del 2023**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE AGROPECUARIA**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente **Trabajo de Integración Curricular**, fue realizado en su totalidad por **Aguirre Romero Thais Amanda**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniería Agropecuaria**.

**TUTOR**

---

**Lcdo. Alfonso Llanderal Quiroz, Ph. D.**

**DIRECTORA DE LA CARRERA**

---

**Ing. Paola Estefanía, Pincay Figueroa, M. Sc.**

**Guayaquil, los 13 días del mes de febrero del año 2023**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE AGROPECUARIA**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, Aguirre Romero, Thais Amanda**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Integración Curricular, **Evaluación del efecto de tres diferentes soluciones nutritivas en cultivo flotante de lechuga (*Lactuca sativa*) en la Costa del Ecuador**, previo a la obtención del título de **Ingeniería Agropecuaria**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Integración Curricular referido.

**Guayaquil, los 13 días del mes de febrero del año 2023**

**LA AUTORA**

---

**Aguirre Romero, Thais Amanda**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE AGROPECUARIA**

**AUTORIZACIÓN**

**Yo, Aguirre Romero, Thais Amanda**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución el **Trabajo de Integración Curricular, Evaluación del efecto de tres diferentes soluciones nutritivas en cultivo flotante de lechuga (*Lactuca sativa*) en la Costa del Ecuador, presentado por el estudiante Aguirre Romero** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, los 13 días del mes de febrero del año 2023**

**LA AUTORA**

---

**Aguirre Romero, Thais Amanda**



# UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE AGROPECUARIA

## CERTIFICADO URKUND

La Dirección de las Carreras Agropecuarias revisó el Trabajo de Integración Curricular, **Evaluación del efecto de tres diferentes soluciones nutritivas en cultivo flotante de lechuga (*Lactuca sativa*) en la Costa del Ecuador** presentado por el estudiante **Aguirre Romero, Thais Amanda** de la carrera de **Agropecuaria**, donde obtuvo del programa URKUND, el valor de 0 % de coincidencias, considerando ser aprobada por esta dirección.

Original <small>by Turnitin</small>	
Document Information	
Analyzed document	Aguirre Romero, Thais.docx (D158099397)
Submitted	2/7/2023 10:24:00 PM
Submitted by	
Submitter email	thais.aguirre@cu.ucsg.edu.ec
Similarity	0%
Analysis address	noelia.caicedo.ucsg@analysis.arkund.com

Fuente: URKUND-Usuario Caicedo Coello, 2023  
Certifican,

---

**Ing. Noelia Caicedo Coello, M. Sc.**  
Revisora - URKUND

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, por haberme permitido llegar hasta este momento y darme salud y fortaleza para lograr mis objetivos.

A mis padres, abuelos maternos y paternos, por apoyarme siempre y estar presente en los buenos y malos momentos de mi vida, por sus consejos y valores que hicieron de mí una persona responsable, honesta y humilde por animarme a seguir adelante durante mi formación profesional.

A mis hermanas y sobrina, que con su alegría me motivaban a seguir luchando por mi objetivo; obviamente a mis hermosas tías paternas y tíos maternos, por creer en mí y ser parte de mi logro y acompañarme en las locuras de todo el proceso de mi carrera, en especial agradezco una primita, Lou, que con sus sonrisas me recordaba que todo es posible, finalmente con toda mi familia gigante me siento muy agradecida.

A la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil por permitirme formar parte de esta prestigiosa casa de saberes. Junto con esto agradezco al Ing. Ángel Triana Tomalá, Ing. Paola Pincay Figueroa, Ing. Noe Caicedo Coello, por impartirme sus conocimientos y profesionalismo (por esas anécdotas y risas que hicieron un último semestre lleno de alegría y dejando buenos recuerdos).

Al Lcdo. Alfonso Llanderal Quiroz, Ph.D., por sus enseñanzas, asesoría, paciencia y todo el tiempo que me dedico a realizar esta investigación y permitirme tomar como ejemplo su experiencia, lo cual siempre será motivo de agradecimiento, lo cual también fue una motivación para demostrar que soy capaz y eficiente al recibir sus conocimientos y así poder culminar el Trabajo de Integración Curricular.

A mi persona Tamara, por siempre estar a mi lado, dándome apoyo incondicional y soportado todos mis mal humores de estrés y aun así estar

conmigo gordita Ily, por esos arrebatos lleno de locuras que me ayudaron a sobrellevar esa presión de estudio.

A una personita muy especial que desde el día 1 siempre me apoyo con sus consejos, amor y con su paciencia y nunca faltó un vamos que tú puedes, y eso fue un gesto muy agradable para sentir el apoyo sincero.

A una amiga, hermana que en el poco tiempo de conocerla es una de la persona más importante en mi vida, Sandri bebe, soy muy afortunada en que forme parte de mi vida y de mi familia no existe una palabra ideal para darte las gracias por todo tu apoyo y por hacer un año increíble lleno de aventuras locas.

Agradezco a mis mejores amigos de la U, Majito, Sebas, Majo enana, Lucho porque son aquellos que estuvieron involucrados sea en el inicio y final de la carrera y me apoyaron 24/7. Obviamente no puedo dejar de agradecer a mis amigos que formaron partes fundamentales del desarrollo de esta investigación Nixon, Gabi, Jandry, por supuesto también agradezco a mis amigos motivadores que me daban sus consejos tan especiales para no rendirme en el proceso Richard, Ángel.

## **DEDICATORIA**

A mis padres, abuelos maternos y paternos, quienes me brindaron su apoyo incondicional, moral y económico, sin duda ellos son parte fundamental en mi vida y gracias a su esfuerzo y dedicación hicieron posible que hoy culmine una etapa más de mis estudios como profesional.

A toda mi familia, porque de una u otra manera estuvieron conmigo dándome los ánimos para luchar cada día por mis sueños y metas.





**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE AGROPECUARIA  
**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

**Lcdo. Alfonso Llanderal Quiroz, Ph. D.**  
TUTOR

---

**Ing. Paola Estefania, Pincay Figueroa, M. Sc.**  
DIRECTORA DE LA CARRERA

---

**Ing. Noelia Caicedo Coello, M. Sc.**  
COORDINADORA DE UTE



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE AGROPECUARIA

**CALIFICACIÓN**

---

**Lcdo. Alfonso Llanderal Quiroz, Ph. D.**

TUTOR

## ÍNDICE GENERAL

<b>1 INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>2</b>
1.1 Objetivos.....	3
1.1.1 Objetivo general. ....	3
1.1.2 Objetivos específicos.....	3
1.2 Hipótesis.....	3
<b>2 MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>4</b>
2.1 Generalidades de la lechuga .....	4
2.1.1 Origen del cultivo, características y taxonomía. ....	4
2.1.2 Variedades de lechuga y Composición nutricional. ....	5
2.2 Hidroponía .....	6
2.2.1 Tipos de sistemas hidropónicos. ....	6
2.2.2 Sistemas de raíz flotante.....	6
2.2.3 Sistemas recirculantes. ....	7
2.2.4 Sistema aeroponía. ....	8
2.3 Solución nutritiva .....	8
2.3.1 Elementos de la solución nutritiva. ....	8
2.3.2 Formulación de sales minerales solubles.....	9
2.3.3 Soluciones nutritivas usadas en hidroponía. ....	9
2.3.4 Conductividad eléctrica de la solución nutritiva. ....	10
2.3.5 Potencial de hidrógeno de la solución nutritiva. ....	11
2.3.6 Temperatura y oxígeno disuelto de la solución nutritiva.....	11
<b>3 MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>13</b>
3.1 Lugar de la investigación .....	14
3.1.1 Ubicación del sitio experimental.....	14
3.1.2 Caracterización de la ciudad. ....	14
3.2 Materiales y equipos.....	14

3.2.1 Material genético.....	14
3.2.2 Materiales y equipos.....	14
3.3 Tipo de investigación y tratamientos.....	15
3.4 Manejo de experimento .....	15
3.5 Recolección de datos .....	16
3.5.1 Parámetros a evaluar.....	16
3.6 Diseño experimental .....	16
<b>4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>17</b>
4.1 Peso fresco (raíz y hoja) y seco.....	17
4.2 Valores y concentraciones de pH, CE y Oxígeno disuelto en agua....	19
4.3 Mediciones de parámetros en Nitrato, Calcio, Potasio .....	21
4.4 contenido de Nitratos en hojas de lechugas .....	24
4.5 Matriz de costos.....	24
<b>5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>26</b>
5.1 Conclusiones .....	26
5.2 Recomendaciones .....	26
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>28</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>34</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Descripción de la lechuga .....	4
<b>Tabla 2.</b> Taxonomía de la lechuga.....	4
<b>Tabla 3.</b> Composición nutricional .....	5
<b>Tabla 4.</b> Rangos de concentraciones de los nutrimentos (ppm) según diversos autores.....	8
<b>Tabla 5.</b> Fórmula química y solubilidad de las sales minerales .....	9
<b>Tabla 6.</b> Niveles de respuesta por cultivo a la conductividad eléctrica .....	10
<b>Tabla 7.</b> Relación entre la temperatura de agua .....	12
<b>Tabla 8.</b> Concentraciones de los nutrientes ( $\text{mmol l}^{-1}$ ), pH y CE ( $\text{ds m}^{-1}$ ). ....	15
<b>Tabla 9.</b> Costos de producción por tratamientos teniendo en cuenta fertilizantes, plántula y agua.....	25

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> Ubicación.....	14
<b>Gráfico 2.</b> Peso fresco de hojas en gramos al final del experimento .....	17
<b>Gráfico 3.</b> Peso fresco de raíces en gramos al final del experimento. ....	18
<b>Gráfico 4.</b> Peso seco de hojas en gramos final del experimento. ....	18
<b>Gráfico 5.</b> Peso seco de las raíces en final del experimento. ....	19
<b>Gráfico 6.</b> Valor del pH a lo largo del ciclo de cultivo. ....	20
<b>Gráfico 7.</b> Valor de conductividad eléctrica $\text{dsm}^{-1}$ a lo largo del ciclo de cultivo.....	20
<b>Gráfico 8.</b> Concentraciones de oxígeno disuelto en agua a largo del ciclo de cultivo.....	21
<b>Gráfico 9.</b> Concentraciones de nitrato a lo largo del ciclo de cultivo.....	22
<b>Gráfico 10.</b> Valor del Calcio a lo largo del ciclo de cultivo.....	23
<b>Gráfico 11.</b> Valor de potasio a lo largo del ciclo de cultivo.....	23
<b>Gráfico 12.</b> Contenido de nitratos en hojas de lechugas.....	24

## RESUMEN

El principal objetivo de la investigación es evaluar la mejor concentración de nutrientes en la solución nutritiva para el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* cv. seda) en un sistema de cultivo flotante desarrollado en la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Para este experimento se realizó un diseño experimental aleatorio simple con 3 tratamientos y 4 repeticiones por tratamiento (cada tratamiento de 16 plantas). Los tratamientos aplicados son Solución Nutritiva (SN) de Hoagland y Arnon (1938) aplicada al 100 %, 75 % y 50 % durante todo el ciclo del cultivo. Las variables evaluadas fueron el peso fresco, peso seco de raíz y hoja, así mismo, se evaluó los valores de pH y las concentraciones de CE, oxígeno disuelto en agua, nitratos, potasio y calcio en la solución del suelo. Los datos se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de diferencia mínima significativa (LSD) ( $P < 0.05$ ) (Statgraphic Plus para Windows (versión 5.1.)). Los resultados obtenidos se encontraron que pH, CE y Oxígeno disuelto en el desarrollo del cultivo, se mantuvieron en rangos óptimos. El tratamiento control fue el mayor peso fresco de hoja y raíz. Los niveles de nitratos en hojas de las diferentes soluciones nutritivas son superiores a los permitidos por la Comisión Europea ( $4\ 500\ \text{mg}\ \text{kg}^{-1}$  peso fresco).

**Palabras Clave:** Concentración, cultivo sin suelo, oxigenación, nutrición vegetal.

## ABSTRACT

The main objective of the study is to determine the best nutrient concentration in the nutrient solution for the performance of lettuce (*Lactuca sativa* cv. seda) cultivation in a floating cultivation system developed the School of Technical Education for Development of the Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. In this experiment, an aleatory design with three treatments and four repetitions of each treatment was carried out (16 plants per treatments). The treatments used are the Hoagland and Arnon (1938) nutritive solutions (SN) applied at 100 %, 75 %, and 50 % during the cultivation cycle. The variables evaluated are the fresh weight, dry weight of the leaf and the flower, as well as pH values and concentrations of CE, oxygen dispersed in water, nitrates, potassium, and calcium in the soil solution. The data will be analysed using least significant difference (LSD) tests and variance analysis (ANOVA) in Statgraphic Plus for Windows (version 5.1). The results showed that the pH, CE, and oxygen levels that were reduced during the development of the crop were maintained within optimal ranges. The control treatment was the most heavily frosty of the present treatments. The levels of nitrates in the leaves of the various nutritional solutions are higher than those permitted by the European Commission (4 500 mg kg<sup>-1</sup> peso fresco).

**Key words:** Concentration, soilless culture, oxigenation, plant nutrition.



# 1 INTRODUCCIÓN

Existe la necesidad de producir alimentos para suplir la demanda del incremento de la población mundial. El estudio de nuevas tecnologías y técnicas en la producción de cultivos ha obtenido resultados favorables para los productores y consumidores.

La producción mundial de lechuga en el 2018 fue 27.5 millones de toneladas: China promovió el 57 % y EE. UU el 13.5 %, seguido por India 4.5 %, España 3.4 % e Italia 2.8 %. Los países con mayor rendimiento Bulgaria, Kuwait, Noruega, República democrática, Bélgica, Jordania, entre otros. El país sudamericano que obtiene los mejores rendimientos es Colombia, con hectárea con 22.2 seguido de Venezuela (20), Chile (15.4), Perú (11.9) y Ecuador (4.5), según la FAO (2020). En Ecuador existen 1 145 ha cultivadas de lechugas con rendimientos promedio de 7.9 ton ha<sup>-1</sup>, de las cuales el 70 % es lechuga criolla y el 30 % es de variedades como la roja, la roma o salad. Las provincias de mayor producción son: Cotopaxi (481 ha), Tungurahua (325 ha) y Carchi (96 ha) y así la lechuga repollo o “criolla” es elegida por los ecuatorianos (Sabando, 2017).

De acuerdo con lo mencionado por Solórzano y Bastidas (2014), esta hortaliza se la consume cruda como típica ensalada. Es muy codiciada en la dieta moderna por su bajo contenido calórico, alto contenido de agua, minerales, vitaminas y fibra. Una de las técnicas más utilizada para la producción de lechuga en ambiente protegido es la de raíz flotante, que consiste utilizar placas de poliestireno expandido flotando en una solución nutritiva.

Es importante mencionar que para mejorar esta técnica se requiere realizar investigaciones para la optimización de las los nutrientes en las soluciones nutritivas utilizadas, esto debido a que estas se suelen modificar en función de los estadios fenológicos y climatológicos de la zona de cultivo.

Este trabajo se realiza para obtener información para los productores de lechuga en cultivo flotante nivel nacional sobre las concentraciones de

nutrientes en la solución nutritiva para el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* cv. seda) en un sistema de cultivo flotante.

De acuerdo a lo expuesto, los objetivos planteados, son:

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo general.**

Evaluar la mejor concentración de nutrientes en la solución nutritiva para el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* cv. seda) en un sistema de cultivo flotante desarrollado en la zona Costa del Ecuador.

### **1.1.2 Objetivos específicos.**

- Analizar el comportamiento del pH y la conductividad eléctrica a lo largo del cultivo en las tres soluciones nutritivas.
- Determinar la solución nutritiva que obtenga un mayor rendimiento en el cultivo de lechuga cv. seda en un sistema de cultivo flotante.
- Establecer costo de producción del estudio en el cultivo hidropónico.

## **1.2 Hipótesis**

Existe efecto de la concentración de nutrientes en el rendimiento del cultivo flotante de desarrollado en la zona Costa del Ecuador.

## 2 MARCO TEÓRICO

### 2.1 Generalidades de la lechuga

#### 2.1.1 Origen del cultivo, características y taxonomía.

La lechuga es procedente de la India, fue una especie vegetal domesticada por los griegos y romanos hace unos 2 500 años. Luego del proceso de domesticación se expandió de manera muy rápida por las regiones templadas de: Asia, Europa, y Norte América (Rodríguez, 2018).

Es una planta anual y autógama, se adapta a los climas templados y frescos. La temperatura de crecimiento va entre los 15 a 18 °C, máximas de 26 °C y mínima de 7 °C. Si las temperaturas son mayores a 30 °C aceleran el desarrollo del escapo floral y su calidad se deteriora rápidamente (Huarte, 2019).

En la siguiente Tabla 1, se muestra la descripción de las características de la Lechuga (*Lactuca sativa*) redactados cada una de sus partes.

**Tabla 1.** Descripción de la lechuga

	Descripción
<b>Raíz</b>	Raíz fibrosa, pivotante y con ramificaciones alcanza una longitud de 25 cm.
<b>Tallos</b>	Son cortos cilíndricos, blandos y lactosas cubierto de follaje.
<b>Hojas</b>	Son colocadas en rosetas, desplegadas; según su variedad se mantienen durante su desarrollo, los bordes pueden ser ondulados, aserrados o lisos.
<b>Flores</b>	Se agrupan en ramilletes, son pequeños de color amarillo pálido y hermafroditas; ovario es unicelular y su único ovulo maduro es la semilla.
<b>Semilla</b>	Es plana y picuda de color negro, gris, amarillo o blanco

**Fuente:** Huarte, 2019.

**Elaborado por:** La Autora.

En la siguiente Tabla 2, se muestra la taxonomía de la Lechuga (*Lactuca sativa*) de acuerdo a Silva y Sandoval (2018).

**Tabla 2.** Taxonomía de la lechuga

<b>División</b>	Magnoliophyta
-----------------	---------------

<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase</b>	Asteridae
<b>Orden</b>	Asterales
<b>Familia</b>	Asteraceae
<b>Género</b>	<i>Lactuca L.</i>
<b>Especie</b>	<i>Lactuca sativa L.</i>
<b>Fuente:</b> Silva y Sandoval, 2018	
<b>Elaborado por:</b> La Autora	

### 2.1.2 Variedades de lechuga y Composición nutricional.

La lechuga se caracteriza por contar con diversas formas, su tamaño y su peso depende de la variedad. Las variedades de lechuga se agrupan según la forma como crecen, casi siempre son de color verde, aunque algunas variedades presentan hojas blanquecinas, rojas e incluso de color marrón (Beltrano, 2017).

**Tabla 3.** Composición nutricional

<b>Componentes</b>	<b>Contenidos/100g de sustancia</b>
<b>Glúcidos</b>	1.20 – 2.10 g
<b>Lípidos</b>	0.10 - 0.20 g
<b>Prótidos</b>	0.80 - 1.60 g
<b>Ácidos fólicos</b>	5.00 - 24.00 mg
<b>Calcio</b>	13.00 - 36.00 g
<b>Fósforos</b>	25.00 - 45.00 mg
<b>Hierro</b>	1.10 - 1.50 mg
<b>Potasio</b>	100 - 400 mg
<b>Riboflavina</b>	0.03 - 0.10 mg
<b>Sodio</b>	5.00 - 10.00 mg
<b>Tiamina</b>	0.07 - 0.10 mg
<b>Vitamina A</b>	300 – 2 600 Lu

**Fuente:** Moreno, 2014

**Elaborado por:** La Autora

De conformidad con Moreno (2014), la lechuga es baja en calorías, sus hojas exteriores contienen el doble de vitamina C que las interiores. Según las

variedades poseen una buena fuente de ácido fólico (anticancerígeno) y vitamina A. Su composición nutricional se describe en la Tabla 3.

## **2.2 Hidroponía**

El cultivo sin suelo es una técnica de producción agrícola que permite el desarrollo de las plantas sin la necesidad que éste sea participe del soporte ni la nutrición. Los sistemas de crecimiento y/o soporte de la planta están constituidos por un medio inerte como sustrato o agua. Los nutrientes, aplicados en forma artificial, llegan a través del agua (Montero y Ruíz, 2017).

Uno de los principales cultivos sin suelo se encuentra la hidroponía. Este término proviene de las palabras griegas hydros (agua) y phonos (cultivo), se refiere a los cultivos no tradicionales que engloba un sistema donde la planta cumple su ciclo productivo sin uso de suelo. Forma parte de una agricultura de ambiente protegido (invernaderos) y controlado, especialmente de factores como temperatura, lluvia y viento (Beltrano y Giménez, 2017).

De conformidad con Howard (2018), la hidroponía es la técnica de cultivo adecuada para cultivar algunas variedades de hortalizas, flores, plantas medicinales, ornamentales y aromáticas, brindando a la vez plantas de rápido crecimiento y alto valor nutricional. Dentro de los principales tipos de sistemas hidropónicos encontramos sistemas de raíz flotante, recirculantes y aeroponía. Estos sistemas se caracterizan por el uso de las soluciones nutritivas de las cuales se hablarán más adelante.

### **2.2.1 Tipos de sistemas hidropónicos.**

Cultivar vegetales u otro tipo de plantas utilizando técnicas hidropónicas supone muchas ventajas desde el punto de vista económico y ecológico, lo que también permite obtener cultivos sanos; libres de plagas y químicos nocivos para la salud según Gilsanz (2007).

#### **2.2.2 Sistemas de raíz flotante.**

El sistema raíz flotante es la técnica más utilizada en hidroponía, consta de recipientes o contenedores de madera, donde se incluye la solución

nutritiva y sobre ella flotando una lámina de espumafón poliestireno como soporte para la planta (Torres, 2018).

Uno de los principales problemas de este sistema puede estar relacionado con la falta de oxígeno en las raíces, dicho problema puede solucionarse generando burbujas con inyección de aire o de manera manual agitando la masa de agua con las manos dentro de la cama del cultivo. La presencia de raíces oscuras se debe a la falta oxígeno impidiendo que la planta capte el agua y los nutrientes necesarios para su desarrollo (Castañeda, 2019).

De acuerdo Pertierra Lazo y Quispe Gonzabay (2020), analizar desde el punto de vista económico-financiero la pro PSE puesta técnica de un cultivo protegido de lechuga bajo sistema hidropónico de raíz flotante llevado a cabo en el clima semiárido de la PSE (Provincia de Santa Elena). Se realizaron cuatro siembras de lechuga cv. Crespa, utilizando la solución nutritiva Hoagland y Arnon. El rendimiento y los costos se extrapolaron a una infraestructura de 1 000 m<sup>2</sup> equivalente a una superficie productiva efectiva de 240 m<sup>2</sup>.

### **2.2.3 Sistemas recirculantes.**

NFT El sistema NFT (*Nutrient Film Technique*) consiste en tuberías de PVC rectangulares o circulares llamados canales de cultivo, en su interior circula la solución nutritiva permitiendo un balance adecuado entre el agua y el oxígeno. La principal ventaja es que se puede aumentar la altura de los canales de tuberías incrementado el número de plantas por metro cuadrado (Forero et al., 2018).

Las Desventaja de esta técnica es que requiere mayor control debido a que es un sistema recirculaste los nutrientes están en constante movimiento por lo que hay que fijarse que contengan la concentración adecuada para los cultivos, la cantidad necesaria y que circule bien para que así de buenos resultados. Igual que de la misma forma que el cultivo flotante el sistema

recirculantes tiene un ahorro de fertilizantes debido a que es un sistema cerrado (Albuja et al., 2021).

#### 2.2.4 Sistema aeroponía.

Es una técnica moderna donde las plantas se desarrollan en un entorno aéreo con oscuridad, sin la inmersión total de las raíces en la solución fertilizante. Los nutrimentos son suministrados por el sistema de aspersión directa sobre las raíces de las plantas contribuyendo a una adecuada oxigenación (Montero y Ruíz, 2017).

### 2.3 Solución nutritiva

#### 2.3.1 Elementos de la solución nutritiva.

Benavides et al. (2018) recalcan que la solución fertilizante es el conjunto de sales minerales disueltas en agua.

Su composición varía según la especie y etapa fenológica de la planta tomando los nutrientes en un rango de concentración en forma de iones (Tabla 4) (Beltrano y Giménez, 2015).

**Tabla 4.** Rangos de concentraciones de los nutrimentos (ppm) según diversos autores.

	Concentraciones (ppm)		
	Hoagland y Arnon (1938)	Steiner (1984)	Cooper (1979)
N	210	167	200-236
P	31	31	60
K	234	277	300
Mg	34	49	50
Ca	160	183	170-185
S	64	0	68
Fe	2.5	2.4	12
Mn	0.5	0.62	2
B	0.5	0.44	0.3
Cu	0.02	0.02	0.1
Zn	0.05	0.11	0.1
Mo	0.01	0	0.2

**Fuente:** Beltrano y Giménez, 2015

**Elaborado por:** La Autora

### 2.3.2 Formulación de sales minerales solubles.

Según Castañeda et al. (2019), las sales minerales utilizadas para la fertilización se caracterizan por su alta solubilidad, de esta forma se deberá elegir aquellos que se presentan en formas hidratadas. Los fertilizantes más utilizados en hidroponía se establecen de acuerdo a su fórmula química y solubilidad (Tabla 5).

Lizana Flores (2019), la concentración de savia de peciolo de N-NO<sub>3</sub> y las hojas de plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) los tratamientos: 0.5; 1.0; 4.0; 7.0; 10.0; 13.0; 16.0; 19.0 y 22.0 mmol de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Los resultados indican que la concentración óptima de N en la solución nutritiva se encuentra entre 1.25 y 4.0 mmol N/L, mejorando los parámetros de crecimiento, producción y calidad del cultivo de lechuga bajo el sistema de hidroponía; los valores de los niveles críticos, en las concentraciones de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en hoja fresca fue de 3 347.427 µg/g, en hoja seca fue de 14 822.97 µg/g y en savia del peciolo fue de 482.540 µg/ml; la Comisión Europea ha establecido un límite permisible para la concentración de N-NO<sub>3</sub><sup>3</sup> en peso fresco siendo 4 500 mg kg<sup>-1</sup>.

**Tabla 5.** Fórmula química y solubilidad de las sales minerales

Nombre químico	Fórmula química	Solubilidad a 20 °C (g/L)
Nitrato de calcio	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1220
Nitrato de potasio	KNO <sub>3</sub>	130
Nitrato de magnesio	Mg (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 6H <sub>2</sub> O	279
Fosfato monopotasio	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	230
Sulfato de magnesio	MgSO <sub>4</sub> 6H <sub>2</sub> O	710
Sulfato de potasio	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	111
Sulfato de magnesio	MnSO <sub>4</sub>	980
Ácido bórico	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	60
Sulfato de cobre	CuSO <sub>4</sub> . 5H <sub>2</sub> O	310
Sulfato de zinc	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	960
Molibdato de amonio	(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> . 4H <sub>2</sub> O	430

**Fuente:** Castañeda et al; 2019

**Elaborado por:** La Autora

### 2.3.3 Soluciones nutritivas usadas en hidroponía.

La concentración de los elementos va en dependencia de la parte que del tipo de planta (fruto u hoja), estado de desarrollo, estación del año, calidad



del agua y clima. Los nutrientes utilizados en hidroponía se diferencian por los niveles de concentración y han sido recomendados por diferentes autores a lo largo de los años (Rodríguez y Chang, 2017).

De acuerdo con los resultados expuestos por Morales (2019), se determinó por medio de la plantación de lechuga se realizó bajo el sistema de raíz flotante con un distanciamiento 0.2 x 0.17 m entre plantas. En la que se evaluaron el: número y longitud de hojas, peso y altura planta, largo de raíz, peso fresco y seco de la parte aérea y radicular y porcentaje de materia seca. Los resultados indican que, bajo los tres niveles de fertilización, como promedio de las cuatro épocas de plantación, las plantas alcanzaron un promedio de 131.8 g por debajo de los 150 g considerado el peso comercial. La formulación fertilizante Hoagland y Arnon (1950) alcanzó los mejores resultados en todas las variables evaluadas con 142.8 g planta<sup>-1</sup>, 23 hojas planta<sup>-1</sup>, 22.2 cm de largo de hoja, 6.77 % y 4.88 % de materia seca foliar y radicular.

#### **2.3.4 Conductividad eléctrica de la solución nutritiva.**

La conductividad eléctrica (CE) mide la concentración de sales disueltas en el agua y su valor se expresa en dS m<sup>-1</sup>. En la solución actúa como un estimador indirecto del potencial osmótico determinando el rendimiento y crecimiento de los cultivos (Benavides et al., 2018).

Los valores elevados de sales diluidas limitan la absorción de nutrientes impidiendo el normal desarrollo del cultivo Maas y Hoffman, (1977). Cada especie tiene un rango de tolerancia a este parámetro químico de la solución nutritiva, en lo que se refiere a la lechuga se considera un cultivo sensible, en el que se estima que con una CE de 2.1, 3.2, y 9.1 dS m<sup>-1</sup> el rendimiento del cultivo disminuye un 10, 75 y 50 %, respectivamente (Tabla 6).

**Tabla 6.** Niveles de respuesta por cultivo a la conductividad eléctrica

<b>Tolerancia de CE en cultivos los cultivos</b>
<b>CE(Ds/m) Y rendimientos potenciales</b>

<b>CULTIVO</b>	<b>100 %</b>	<b>90 %</b>	<b>75 %</b>	<b>50 %</b>
LECHUGA	1.3	2.1	3.2	9.1

**Fuente:** Maas y Hoffman, 1977

**Elaborada por:** La Autora

### **2.3.5 Potencial de hidrógeno de la solución nutritiva.**

Santos y Ríos (2018) manifiestan que el pH indica el carácter ácido o básico de la solución. Cuando este parámetro es inadecuado puede causar clorosis y/o necrosis en las hojas. El pH no daña la planta directamente, pero influye en la disponibilidad de nutrientes que la planta pueda adquirir. Los macronutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre y magnesio son necesitados en grandes cantidades. Cuando el pH es alto o muy bajo la disponibilidad de estos elementos es menor.

Los micronutrientes por el contrario son necesitados en menor cantidad. Si el pH es mayor a 6.0 el hierro, manganeso, cobre, boro y zinc empiezan a volverse insolubles e indisponibles para las plantas y si es menor a 5.5 estos elementos se vuelven solubles. El molibdeno, por su parte presenta un comportamiento contrario. Éste se vuelve soluble con pH alto e insoluble con pH bajo (Santos y Ríos, 2018).

Según Brenes y Jiménez (2016), los niveles óptimos de pH están en dependencia de la variedad o especie del cultivo de tal manera que la planta pueda absorber los nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo.

### **2.3.6 Temperatura y oxígeno disuelto de la solución nutritiva.**

La temperatura influye en la capacidad de absorción de agua y nutrientes. Cuando la temperatura es muy alta o baja provoca un decrecimiento de las raíces de las plantas, por encima de 30 °C y debajo de 12 °C la absorción de iones se ve muy limitada (Santos y Ríos, 2018).

Según Martínez et al. (2017), la temperatura afecta el balance de oxígeno de la solución nutritiva. Conforme se incrementa la temperatura, la cantidad de oxígeno del agua decae rápidamente (Tabla 7). La falta de oxígeno reduce la permeabilidad de las raíces, provoca la muerte de

microorganismos benéficos y hace más susceptibles a las plantas a ataques de patógenos.

La lechuga es considerada la especie más tolerante a la falta de oxígeno, siendo unos de los cultivos más recomendados para los sistemas hidropónicos. Los niveles adecuados de oxígeno disuelto se encuentran entre 3 a 4 ppm (Martínez et al., 2017).

**Tabla 7.** Relación entre la temperatura de agua

Temperatura	Oxígeno disuelto (mg/L)
10	11.3
15	10.1
20	9.1
25	8.3
30	7.6
35	7.0

**Fuente:** Martínez et al, 2017

**Elaborado por:** La Autora

En los cultivos hidropónicos el crecimiento de las plantas puede darse en el agua sin la necesidad de utilizar el suelo; sin embargo, para que se puedan cubrir las necesidades de las plantas se deben aportar nutrientes, agua y oxígeno. Se debe tener en cuenta que como las raíces están sumergidas en solución nutritiva todo el oxígeno que necesiten las plantas debe provenir del agua. Para cubrir las necesidades de los cultivos hidropónicos se presentan varias alternativas para facilitar la oxigenación del agua (Basterrechea, 2017):

- **Burbujeo:** es uno de los sistemas más fáciles de usar pues solo necesita de una bomba de aire. Este sistema es el que se suele usar para el sistema de raíces flotantes ya que la solución nutritiva no se encuentra en movimiento.
- **Salto de agua:** aquí se generan caídas de agua en el circuito con el agua que recircula por el sistema; a medida que el agua va cayendo, las gotas entran en contacto con el agua y se reoxigenan.

- **Sistema NFT:** Como en apartados anteriores, este sistema permite un movimiento constante del agua, lo cual lleva a que la misma se vaya reoxigenando en su recorrido (Basterrechea, 2017).

En el experimento realizado por Martínez Gutiérrez y Ortiz-Hernández (2017), se utilizaron contenedores de 24 m de longitud con 2 y 4 % de pendiente y de cero a tres caídas como saltos hidráulicos de la solución nutritiva. Se midió el oxígeno disuelto en cada salto hidráulico a la entrada y salida del contenedor. En ambos cultivos se midió el peso fresco de la planta y de la raíz, peso seco y volumen de la raíz. En tomate se determinó el peso de los frutos por planta. En lechuga el máximo peso fresco de la planta se obtuvo en contenedores con 4 % de pendiente y tres saltos hidráulicos.

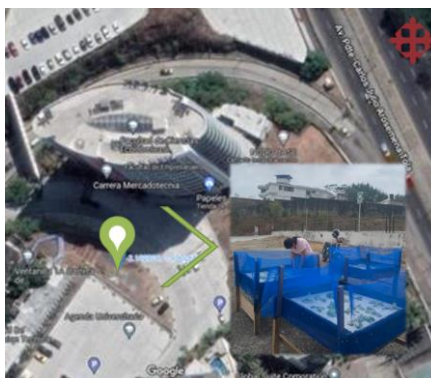
### 3 MARCO METODOLÓGICO

### 3.1 Lugar de la investigación

#### 3.1.1 Ubicación del sitio experimental.

El presente trabajo experimental se realizó la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. 2°11'00.1"S 79°54'12.7"W Latitud: -2.1833672, Longitud: -79.9035254

**Gráfico 1.** Ubicación



**Fuente:** La Autora.

#### 3.1.2 Caracterización de la ciudad.

La ciudad de Guayaquil, capital de la Provincia del Guayas, se localiza en la parte noroeste de Sudamérica. Su geolocalización corresponde a -2.21 de latitud y -79.91 de longitud, y se encuentra a una altura de 6 msnm.

### 3.2 Materiales y equipos

#### 3.2.1 Material genético.

Se utilizó una variedad de lechuga:

- *Lactuca sativa* cv. seda

#### 3.2.2 Materiales y equipos.

- Cajones de madera
- Plástico
- Esponja
- Planchas de espumafón o poliestireno
- Cinta métrica
- Balanza gramera
- Computadora

- Termómetro
- Libreta de campo
- Calculadora
- Cámara fotográfica
- Compresor para pecera grande
- Bandejas germinadoras
- Clavos
- Martillo
- Tijeras

### 3.3 Tipo de investigación y tratamientos

Esta investigación usó el método deductivo y correlacional experimental y un enfoque cuantitativo. En experimento contó con tres tratamientos T0 utilizando la Solución Nutritiva (SN) de Hoagland y Arnon (1938), el tratamiento T1 el 75 % y T2 50 % de las concentraciones del tratamiento control (Tabla 8), en lo que se refiere a los micronutrientes se mantuvieron constantes durante todo el experimento (Fe 1.4, Mn 0.5, Cu 0.02, Zn 0.05, B 0.5 y Mo 0.009 mg L<sup>-1</sup>).

**Tabla 8.** Concentraciones de los nutrientes (mmol l<sup>-1</sup>), pH y CE (ds m<sup>-1</sup>).

Tratamiento	CE	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sup>4</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SO <sub>4</sub>
T0 (100 %)	2.00	6.00	14.00	1.00	1.00	6.00	4.00	2.00	2.00
T1 (75 %)	1.50	6.00	10.50	0.75	0.75	4.50	3.00	1.50	1.50
T2 (50 %)	1.00	6.00	07.00	0.50	0.50	3.00	2.00	1.00	1.00

**Elaborado por:** La Autora

### 3.4 Manejo de experimento

El cultivo hidropónico de lechuga (*Lactuca sativa* cv. Seda) se realizó en tres cajas de 1 x 1 m se llenaron con 80 L de las diferentes SN. Además, cuando existió un consumo de aproximadamente 15 L se volvió a adicionar SN hasta llegar a los 80 L. La oxigenación se realizó durante una hora al día con un oxigenador modelo JAD S-4000B. El control del pH (5.5 a 6.5) de la cama de agua se realizó con una solución de Ácido Sulfúrico 1 N. El distanciamiento 20 cm de distancia entre las plantas.

### **3.5 Recolección de datos**

La recolección de los datos se realizó a final del cultivo se utilizó una tabla y libreta de campo para anotaciones de las variables a evaluar, se registraron en la computadora. También se utilizó cinta métrica para las mediciones de alturas, distancias de la planta y una cámara para fotografiar las actividades que se realizaron.

#### **3.5.1 Parámetros a evaluar.**

La recolección de las plantas se realizó aproximadamente entre los 30 a 60 días después del trasplante. Se evaluó el peso fresco de las distintas fracciones de la planta (raíz y hoja). Cuando se realice la recolección de las plantas se realizó un lavado con agua destilada (Wolf, 1982). Posteriormente, se hizo la evaluación de parámetros morfológicos: peso fresco (raíz y hoja), peso seco (raíz y hoja) y rendimiento del cultivo. Para obtener el peso seco se realizó un secado en un horno de a 60-80 ° C durante 48 h o hasta obtener un peso seco constante. Las mediciones de oxígeno disuelto en agua (RCYAGO® modelo DO9100), pHmetro (Milwaukee® modelo PH55), conductímetro (Milwaukee® modelo C66) nitrato, potasio y calcio en la solución nutritiva de manera diaria por la mañana (8:00 am). Adicionalmente se realizaron medidas de las concentraciones de nitratos, potasio y calcio.

### **3.6 Diseño experimental**

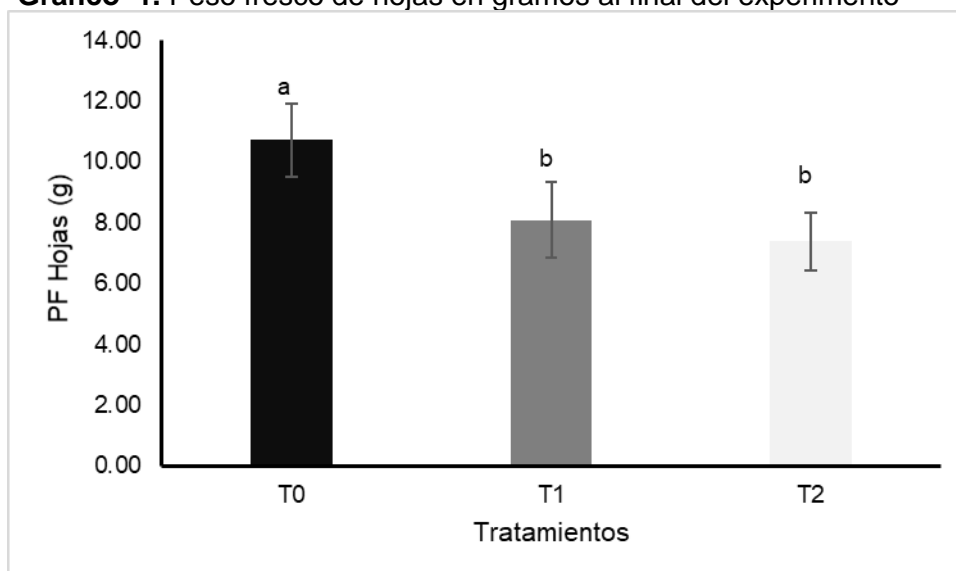
El diseño experimental es un aleatorio simple con 3 tratamientos y 4 repeticiones por tratamiento (cada tratamiento de 16 plantas). De las 16 plantas se elegirán 4 por tratamiento de manera aleatoria. Los datos se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de diferencia mínima significativa (LSD) ( $P < 0.05$ ) se evaluaron las diferencias entre tratamientos utilizando Statgraphic Plus para Windows (versión 5.1.).

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Peso fresco (raíz y hoja) y seco

En el Gráfico 2, se observan los valores en peso fresco de hojas en gramo al final del ciclo, cabe destacar que el tratamiento T0 fue significativamente mayor que los otros dos tratamientos. Esto se pudo dar debido a mayor concentración de nutrientes en la solución nutritiva, puesto que para el esencial crecimiento o el desarrollo del cultivo que tenga elementos fundamentales como son los macronutrientes y micronutrientes los que le permitirán sobrevivir a la planta en su ciclo de cultivo (Cajo Curay, 2016).

**Gráfico 1.** Peso fresco de hojas en gramos al final del experimento



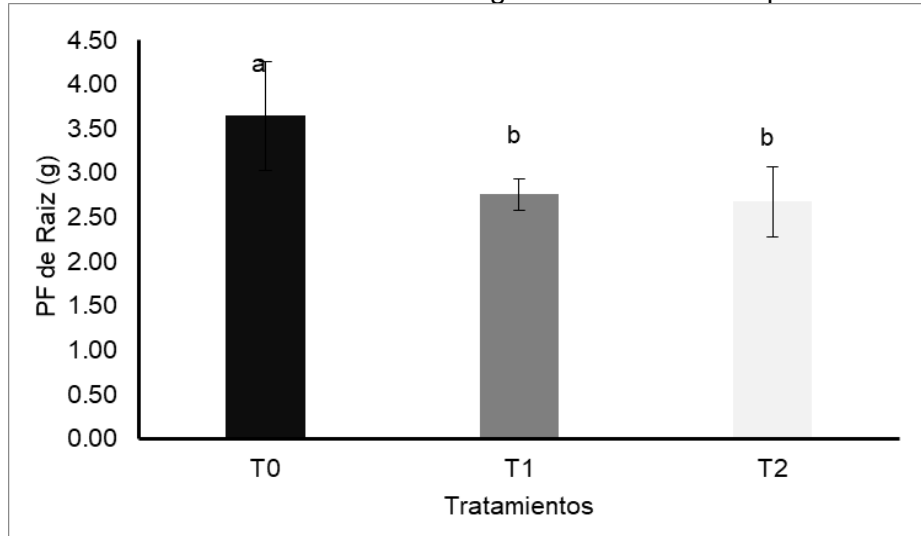
Ns=no diferencia significativa, letras distintas indica diferencia significativa  $p \leq 0.05$

**Elaborado por:** La Autora

En el Gráfico 3, se observan los valores en PF de raíz al final del experimento. En lo que se refiere al PF de raíz se encontró que el tratamiento T0 fue significativamente mayor que los tratamientos T1 y T2. Esto puede estar relacionado con la mayor concentración de nutrientes, los cuales pueden mejorar el desarrollo de las raíces, en especial el fósforo (Llanderal, 2017).



**Gráfico 2.** Peso fresco de raíces en gramos al final del experimento.

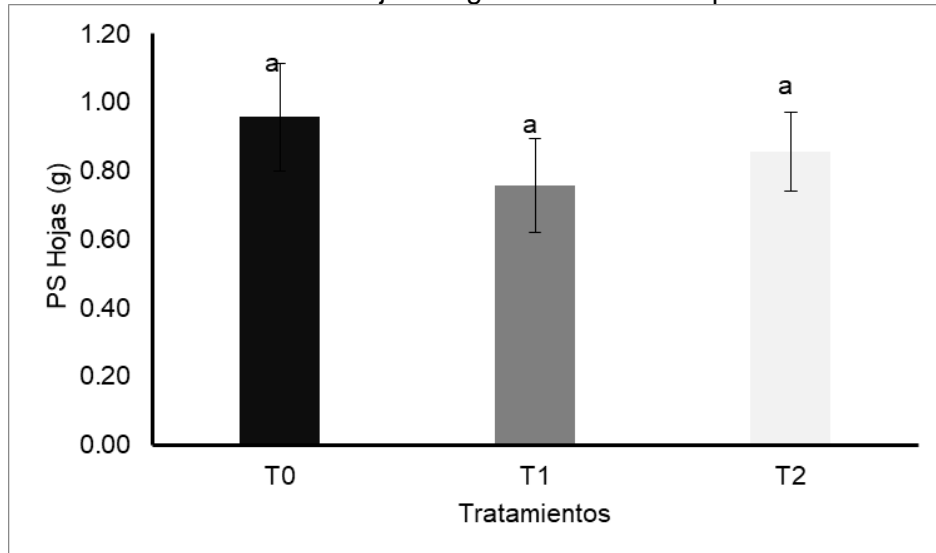


ns=no diferencia significativa, letras distintas indica diferencia significativa  $p \leq 0.05$

**Elaborado por:** La Autora

En el Gráfico 4, se muestra el peso seco en hojas al final del experimento, es importante mencionar que no se encontró ninguna diferencia significativa entre los tratamientos. Estos resultados pueden estar relacionados con el corto periodo experimental, por lo que no se puede observar el mayor consumo de iones  $\text{NO}_3^-$  (Téllez y Gomez, 2022).

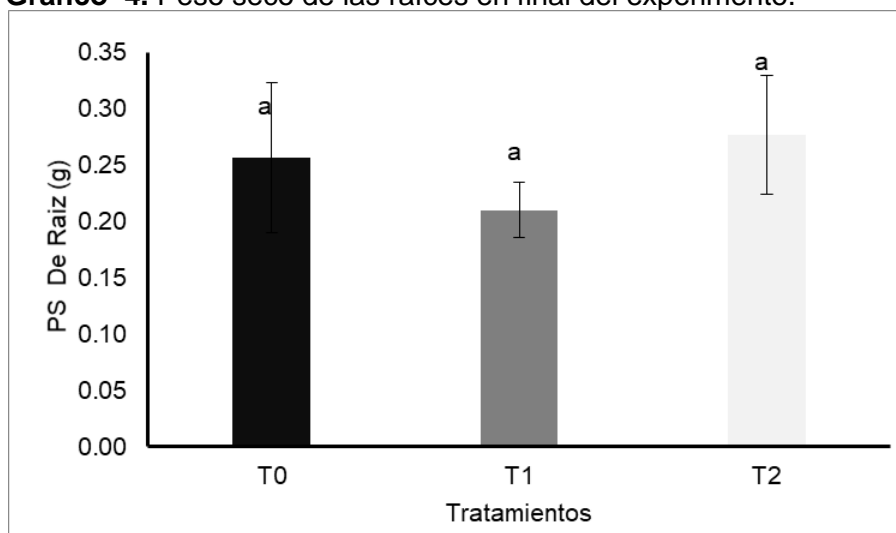
**Gráfico 3.** Peso seco de hojas en gramos final del experimento.



ns=no diferencia significativa, letras distintas indica diferencia significativa  $p \leq 0.05$

**Elaborado por:** La Autora

**Gráfico 4.** Peso seco de las raíces en final del experimento.



ns=no diferencia significativa, letras distintas indica diferencia significativa  $p \leq 0.05$

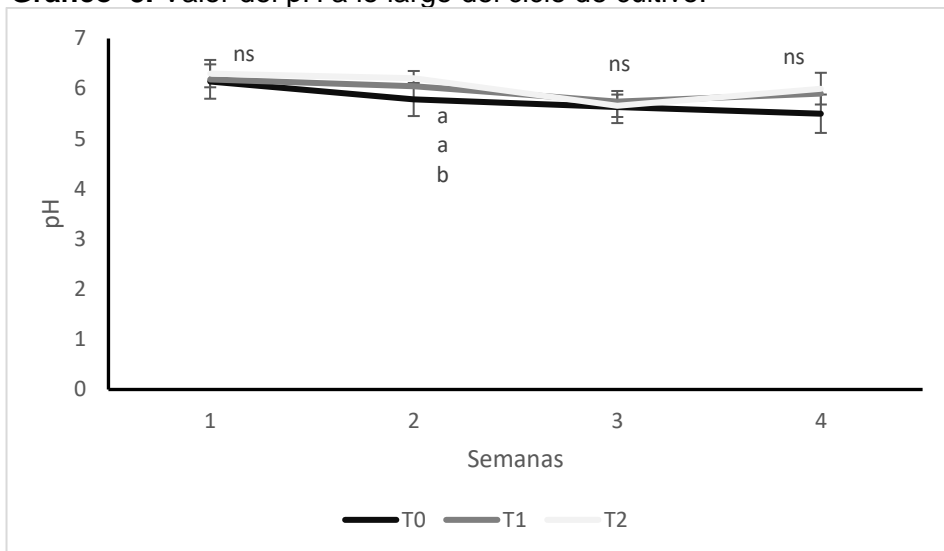
**Elaborado por:** La Autora

En el Gráfico 5, se observan los valores en pesos seco de las raíces al final del cultivo, de la misma manera que el peso seco en hoja no se encontraron diferencia entre los tratamientos. Esto puede estar relacionado en lo mencionado anteriormente.

#### **4.2 Valores y concentraciones de pH, CE y Oxígeno disuelto en agua**

En el Gráfico 6, se observan los valores de pH a lo largo del ciclo de cultivo, cabe destacar que los rangos en la semana 1, 3 y 4 no se observaron diferencias en los niveles de pH. Sin embargo, en la semana 2 se encontró un valor significativamente menor en el tratamiento T0 lo que puede estar relacionado con la nueva adición de solución nutritiva. Cabe destacar que los valores de pH se encuentran dentro de los rangos óptimos (5.5 a 6.5) propuestos por en la SN (Santos y Ríos, 2018), al estar dentro de estos rangos no se generaría ninguna deficiencia nutricional por parte de la solución nutritiva (Santos y Ríos, 2018).

**Gráfico 5.** Valor del pH a lo largo del ciclo de cultivo.

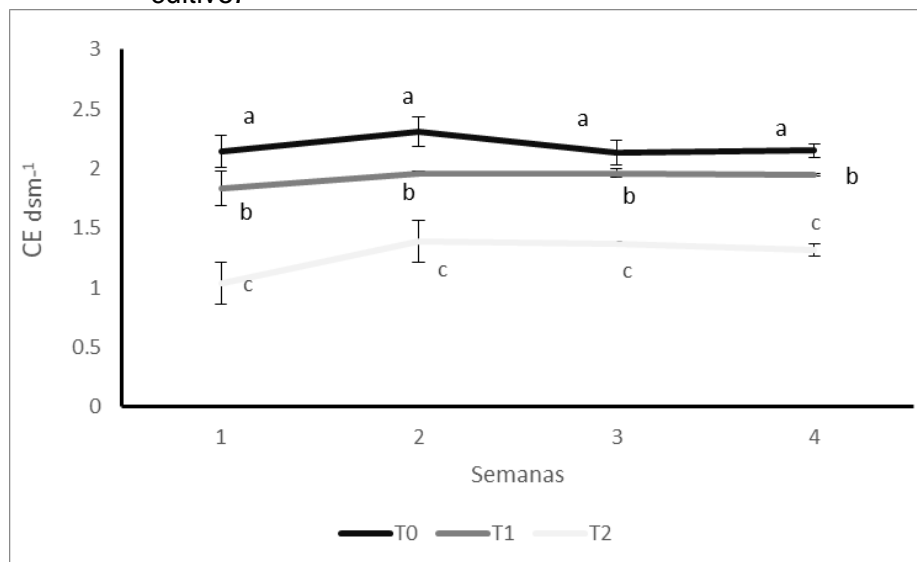


ns=no diferencia significativa, letras distintas indica diferencia significativa  $p \leq 0.05$

**Elaborado por:** La Autora.

La concentración de la CE a lo largo de las 4 semanas se observa en el Gráfico 7, Cabe mencionar que se encontró diferencia significativa entre los tratamientos siendo el tratamiento T0 con mayores concentraciones seguido de T1 y finalmente del T2.

**Gráfico 6.** Valor de conductividad eléctrica  $\text{dsm}^{-1}$  a lo largo del ciclo de cultivo.



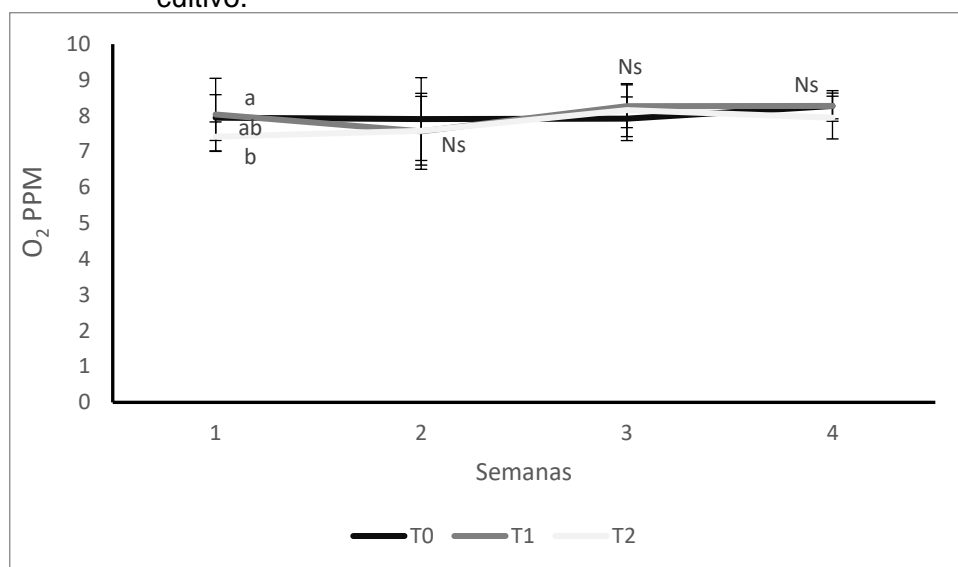
ns=no diferencia significativa, letras distintas indica diferencia significativa  $p \leq 0.05$

**Elaborado por:** La Autora.

De acuerdo a la descripción esta diferencia puede estar relacionada con la menor aplicación de nutrientes que se realizó, similares resultados fueron obtenidos por García-Caparrós (2017) en un cultivo de *Aloe vera*, *Kalanchoe*

*blossfeldiana* y *Gazania splendens*. Es importante mencionar que se encontró en las concentraciones de CE recomendadas por Cruz y Matías (2018) de 2.1 dS m<sup>-1</sup> ya que concentraciones mayores pueden afectar al cultivo de lechuga porque es un cultivo sensible.

**Gráfico 7.** Concentraciones de oxígeno disuelto en agua a largo del ciclo de cultivo.



N s=no diferencia significativa, letras distintas indica diferencia significativa  $p \leq 0.05$

**Elaborado por:** La Autora.

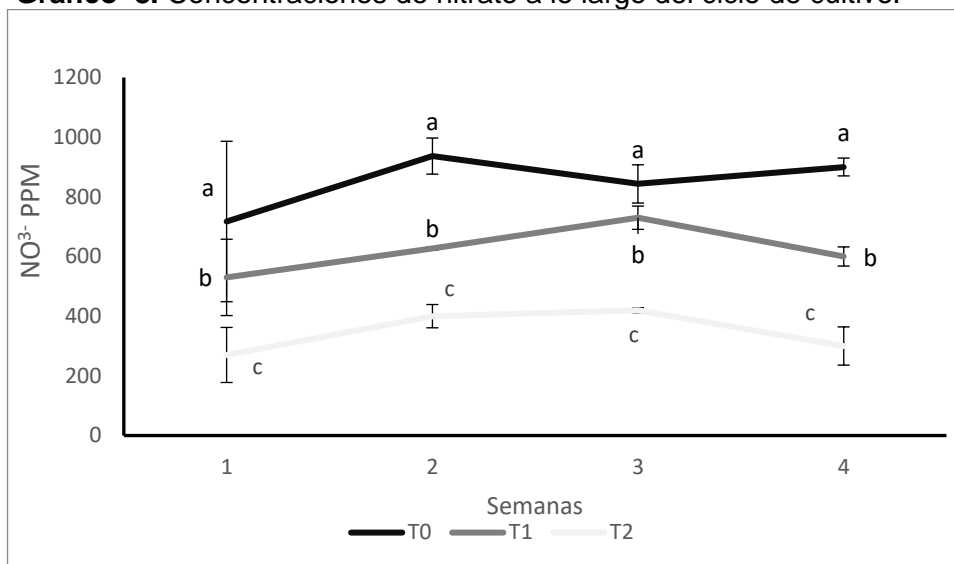
En el Gráfico 8, se observan los valores en oxigenación a lo largo del ciclo de cultivo, cabe destacar que los rangos en la semana 1 a la 4 no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos el rango de oxígeno disuelto en el experimento se encontraba de 7-8 ppm. Es importante mencionar que los rangos de oxígeno disuelto se encontraron siempre en rangos superiores a los propuestos por Martínez et al. (2017) que se encuentran entre 3 a 5 ppm.

#### 4.3 Mediciones de parámetros en Nitrato, Calcio, Potasio

En la Gráfico 9, de la misma tendencia de CE se observa en el NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la que se encontró que las significativamente mayores concentraciones de este elemento están en el tratamiento T0 y disminuyendo en los T1 y T2.

Similares resultados fueron encontrados a los propuestos por García-Caparrós (2018) en un cultivo en cascada.

**Gráfico 8.** Concentraciones de nitrato a lo largo del ciclo de cultivo.

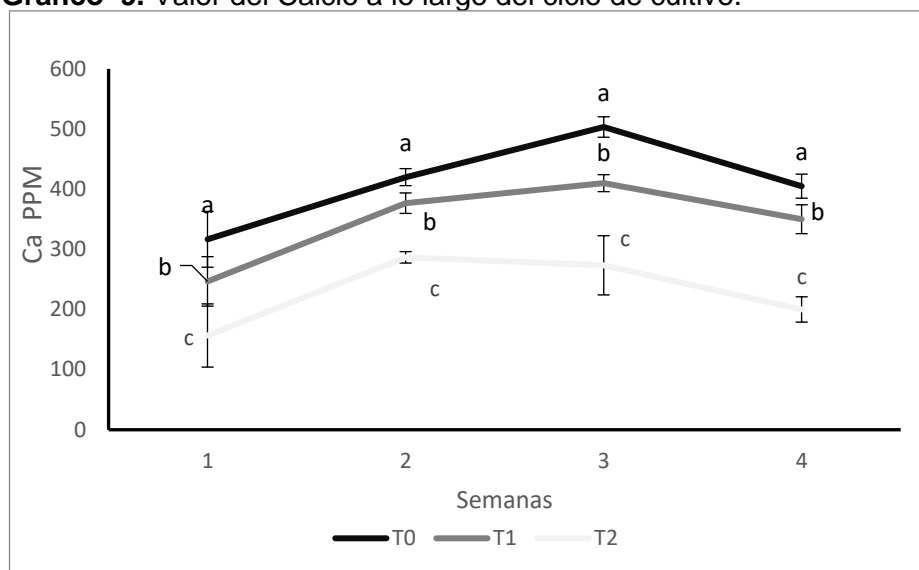


ns=no diferencia significativa, letras distintas indica diferencia significativa  $p \leq 0.05$

**Elaborado por:** La Autora.

En el Gráfico 10, se observan los valores de calcio a lo largo del ciclo de cultivo, donde se observa que el calcio en el tratamiento T0 es significativamente que el tratamiento T1 y T2. Esta diferencia está relacionada con lo mencionado anteriormente en la CE,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{NO}_3^-$ . De acuerdo con Ignacio Delgado et al. (2006) el calcio favorece la rigidez de las paredes celulares, generan resistencia a enfermedades y propician mayor vida poscosecha. Es importante mencionar que durante el experimento se encontró deficiencias de calcio las que fueron ocasionadas por la falta de radiación en el invernadero.

**Gráfico 9.** Valor del Calcio a lo largo del ciclo de cultivo.

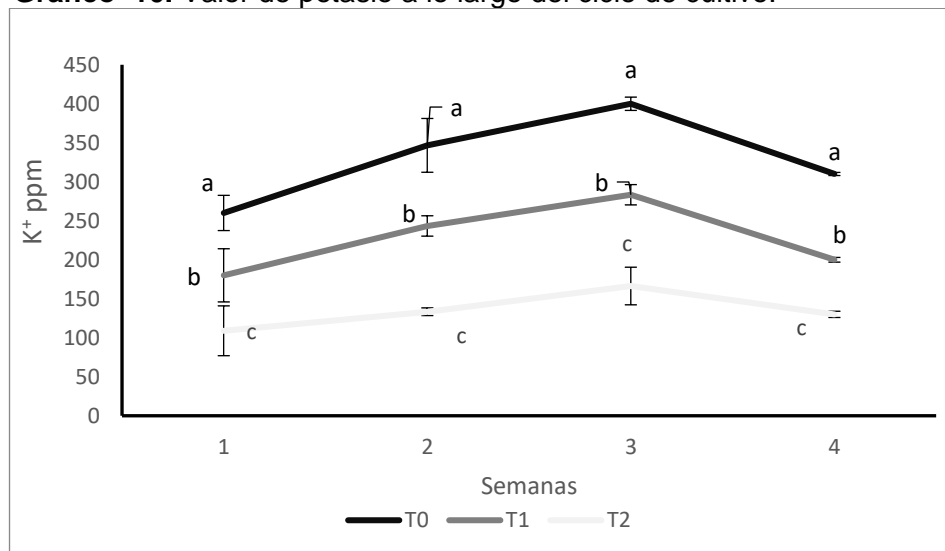


ns=no diferencia significativa, letras distintas indica diferencia significativa  $p \leq 0.05$

**Elaborado por:** La Autora.

En el Gráfico 11, se observan los valores de potasio a lo largo del ciclo de cultivo, cabe destacar que los rangos en el tratamiento T0 es significativamente mayor al resto de los tratamientos.

**Gráfico 10.** Valor de potasio a lo largo del ciclo de cultivo.



ns=no diferencia significativa, letras distintas indica diferencia significativa  $p \leq 0.05$

**Elaborada por:** La Autora.

De acuerdo a lo analizado esta diferencia está relacionada con lo mencionado anteriormente en la CE,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{NO}_3^-$ . Es importante mencionar que el potasio es un nutriente fundamental para la elongación celular (Intagri, 2017).

#### 4.4 contenido de Nitratos en hojas de lechugas

Finalmente, la Gráfico 12, en lo que se refiere a la concentración de nitratos en hoja encontramos que los tratamientos T0 y T1 son significativamente mayor al tratamiento T2. Esto está relacionado con las mayores concentraciones del nitrato en la SN Carrasco Tapia, y Urrestarazu, (2006). Cabe destacar que en todos los tratamientos los niveles a nitratos fueron superiores a los permitidos por La Comisión Europea a excepción a del tratamiento T2 ( $4,500 \text{ mg kg}^{-1}$  peso fresco) (Carrasco, Tapia, y Urrestarazu, 2006).

**Gráfico 11.**Contenido de nitratos en hojas de lechugas



ns=no diferencia significativa, letras distintas indica diferencia significativa  $p \leq 0.05$

**Elaborada por:** La Autora.

Como menciona Juan Aguilar (2022) el contenido de nitratos en la planta depende de las diferencias entre la absorción de nutrientes, su asimilación y translocación, por sus valores permisibles para consumo humano, dependiendo del método, la composición iónica de la solución nutritiva (Aguilar, 2022). Adicionalmente, al exceso de sombreo que se tiene en el invernadero el cual inhibe la *Nitrate reductase* (Llanderal et al., 2019).

#### 4.5 Matriz de costos

En la Tabla 9 se describe en el que encontramos que el menor costo de producción es el tratamiento T2, seguido del T1 después T0. La principal diferencia entre los costos sería el aporte de los fertilizantes.

**Tabla 8.** Costos de producción por tratamientos teniendo en cuenta fertilizantes, plántula y agua.

	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>
<b>Costos totales</b>	USD 14.99	USD 12.99	USD 10.99
<b>Costo por planta</b>	USD 0.94	USD 0.81	USD 0.69

**Elaborado por:** La Autora.



## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación se evaluó el efecto de tres diferentes soluciones nutritivas Hoagland y Arnon en cultivo flotante de raíz en lechuga (*Lactuca sativa*) desarrollado en la Costa del Ecuador.

- El resultado obtenido del análisis del comportamiento del pH, CE y Oxígeno disuelto en el desarrollo del cultivo, se mantuvieron en rangos rango óptimo.
- En el proceso del cultivo se aplicó las tres soluciones nutritivas con su diferente porcentaje obtenido de concentración que fue del 100 %, 75 % y 50 %, se obtuvieron diferencias significativas en el peso fresco de hoja y raíz siendo el tratamiento T0 el que mayor peso fresco presentó.
- No se encontraron diferencia entre los tratamientos en lo que se refiere al peso seco en hoja y raíz.
- Las concentraciones de Nitrato, Potasio y Calcio mostraron diferencias significativas debido a la menor aplicación de nutrientes en la solución nutritiva.
- Solo la solución T2 obtuvo los niveles de nitratos en hojas son los permitidos por la Comisión Europea (4 500 mg kg<sup>-1</sup> peso fresco), sin embargo, fue la que menor rendimiento obtuvo.

### 5.2 Recomendaciones

Con base a las conclusiones dadas en la investigación realizada se recomienda lo siguiente:

- Evitar producir en invernaderos donde se tenga un sombreado excesivo.
- Realizar otras investigaciones modificando los niveles de nitrato con amonio para cumplir con los rangos de la Comisión Europea y obtener el mejor rendimiento.
- Realizar controles preventivos para evitar la presencia de plagas que puede afectar el cultivo.

- Mantener monitoreo constante de los niveles de oxígeno, CE y pH en la solución del suelo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar , J. (2022). Concentración de nitratos en lechuga (*Lactuca sativa* L.) En un sistema de raíz flotante. Obtenido de Interciencia: [https://www.redalyc.org/journal/339/33971864004/html/#redalyc\\_33971864004\\_ref6](https://www.redalyc.org/journal/339/33971864004/html/#redalyc_33971864004_ref6)
- Albuja, V., Andrade, J., Lucano, C., y Rodriguez, M. (2021) Doi. Comparativa de las ventajas de los sistemas hidropónicos como alternativas agrícolas en zonas urbanas. *Minerva*, 2(4), 45-54.
- Basterrechea, M. (2017, noviembre 6). Los 3 Métodos de Aireación Principales en Hidroponía. Recuperado a partir de <http://www.hidroponiacasera.net/los-3-metodos-de-aireacion-principales-en-hidroponia/>.
- Beltrano (2017). Cultivo en hidroponía. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_amba\\_\\_abc\\_de\\_la\\_hidroponia.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_amba__abc_de_la_hidroponia.pdf).
- Beltrano, J., and Giménez, D. (2015) Cultivo en hidroponía. Universidad Nacional de la Plata. Primera edición., Buenos Aires: Argentina.
- Benavides, A., Preciado, P. and Favela, E. (2018) Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Segunda edición., Lima-Perú: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Brenes, L. and Jiménez, M. (2016) Manual de Producción Hidropónica para hortalizas de hoja en sistemas NFT (Nutrient Film Technique). Primera

edición. Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica. Disponible en:  
<https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6581/manual-hidroponiaNFT.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Consultado: 12/09/2022.

Cajo Curay, A. (2016). Producción hidropónica de tres variedades de lechuga bajo el sistema nft, con tres soluciones nutritivas.

Carrasco, G., Tapia, J., y Urrestarazu, M. (2006) Doi. Contenido de nitratos en lechugas cultivadas en sistemas hidropónicos. *Idesia (Arica)*, 24(1), 25-30.

Castañeda, F., Marulanda, C., Camey, C. y Mejía, L. (2019). Manual técnico hidroponía popular (cultivo sin tierra). Tercera edición. Guatemala. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá.

Cruz, J. y Matías, S. (2018). Adaptación de cinco híbridos de tomate con dos técnicas de poda cultivadas bajo sistema semihidropónica, en Manglaralto, cantón Santa Elena. Tesis. Facultad de Ciencias Agrarias. UPSE. Ecuador. Disponible en:  
<http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/913>. Consultado: 13/09/2022.

Dios-Delgado, I., Sandoval Villa, M., Rodriguez Mendoza, M., y Cárdenas Soriano, E. (2006). Aplicaciones foliares de calcio y silicio en la incidencia de mildiu en lechuga doi.  
<https://www.redalyc.org/pdf/573/57311494011.pdf>

FAO. (2020). Base de datos FAOSTAT.  
<http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>.

- Forero, R., Ricardo, A., Hollman, G., Ricardo, A., Luna, C., Rivera, C. (2018).  
Agricultura urbana: Sistemas de implementación de cultivo
- García-Caparrós, P., Llanderal, A., Maksimovic, I., y Lao, M. T. (2018) Di.  
Cascade cropping system with horticultural and ornamental plants under  
greenhouse conditions. *Water*, 10(2), 125.
- García-Caparrós, P., Llanderal, A., y Lao, M. T. (2017).Di Effects of salinity on  
growth, water-use efficiency, and nutrient leaching of three containerized  
ornamental plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*,  
48(10), 1221-1230.
- Gilsanz, J. C. (2007, septiembre). Hidroponía. Recuperado el 17 de noviembre  
de 2016, a partir de  
[http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/ad/ad\\_509.pdf](http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/ad/ad_509.pdf)
- Hoagland Dr, Arnon (1950) Di. The culture method for growing plants without  
soil. *Calif Agr Exp Circle*. 1950;347:1-32.
- Huarte. (2019). Producción Hortícola bajo cubierta.  
[https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_produccion-de-hortalizas-bajo-cubierta\\_2006.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_produccion-de-hortalizas-bajo-cubierta_2006.pdf).
- Intagri. (2017). Las Funciones del Potasio en la Nutrición Vegetal. Obtenido de  
Serie Nutrición Vegeta: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/las-funciones-del-potasio-en-la-nutricion-vegetal>
- Lizana Flores, G. S. (2019). Concentración foliar de N-NO<sub>3</sub>-y clorofila en  
plantas de lechuga sobre condiciones de presión forzada de aire en un  
sistema hidropónico.

- Llenderal, A. (2017) Study of diagnostic methods and evaluation of nutritional parameters in the intensive horticulture cropping systems as basis for a sustainable management of the fertigation. Ph.D. Thesis, University of Almeria, La Canada, Spain.
- Llenderal, A., García-Caparrós, P., Segura, M. L., Contreras, J. I., y Lao, M. T. (2019). Di. Nutritional changes in petiole sap over space and time in a tomato crop greenhouse. doi Journal of Plant Nutrition, 42(10), 1205-1217.
- Maas, E. V., & Hoffman, G. J. (1977). Crop salt tolerance—current assessment. Journal of the irrigation and drainage division, 103(2), 115-134.
- Martínez Pérez, Z. A. (2007). Algunos aspectos epidemiológicos del moho blanco de la lechuga (*Lactuca sativa*) en dos municipios productores de Cundinamarca.
- Martínez, G., Ortiz, Y., López, R. (2017). Oxigenación de la solución nutritiva recirculante y su efecto en Tomate y Lechuga. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 35, No. 5, p 49-52.
- Montero, G. and Ruíz, L. (2017). 'Hidroponía Básica: El cultivo fácil y rentable de plantas sin tierra', Primera edición, México.'
- Morales, R., y Jeniffer, J. (2019). Evaluación del cultivo de lechuga hidropónica *Lactuca sativa* L. en raíz flotante bajo diferentes soluciones nutritivas (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2019.).

- Moreno, A. (2014). Guía de cultivos para huertos urbanos. Cultivos hortícolas. Primera edición, Provincia de Valencia: Servicios de Medio Ambiente.
- Pertierra Lazo, Rosa y Quispe Gonzabay, Jimmy (2020). Análisis económico de lechugas hidropónicas bajo sistema raíz flotante en clima semiárido. LaGranja. Revista de Ciencias de la Vida, 31 (1),118-130.Doi: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476062548009>
- Robredo. (2018). Análisis comparativo de soluciones nutritivas en cultivos hidropónicos en invernadero. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/78971>.
- Rodríguez, A. and Chang, M. (2017). Soluciones nutritivas en hidroponía. Segunda edición, Republica del Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Rodríguez. (2018). Soluciones nutritivas en hidroponía. [https://fusioncultivos.com.ar/?gclid=Cj0KCQjwjvaYBhDIARIsAO8PKE0MzKvj1meW5YZs6UI91cws8MK\\_0awm4DIXsFfExm\\_juVkf0XjDQaAkM2EALw\\_wcBygclsrc=aw.ds](https://fusioncultivos.com.ar/?gclid=Cj0KCQjwjvaYBhDIARIsAO8PKE0MzKvj1meW5YZs6UI91cws8MK_0awm4DIXsFfExm_juVkf0XjDQaAkM2EALw_wcBygclsrc=aw.ds).
- Sabando. (2017). La Solución para el Agro - Lechuga. <http://www.solagro.com.ec/es/cultivos-2/item/lechuga.html>.
- Santos, B. and Ríos, D. (2018). Cálculos de soluciones nutritivas. En suelos y sin suelo. Primera edición: Servicio de Agricultura y Desarrollo Rural. Cabildo Insular de Tenerife. Chile.

- Silva y Sandoval. (2018). Manual práctico del cultivo de la lechuga. <https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484766728/manual-practico-del-cultivo-de-la-lechuga>.
- Solorzano, J. y Bastidas, G. (2014). Huertos hidropónicos como una alternativa de producción de hortalizas vegetales en las escuelas. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Vol. 3. No 22, pp. (21-23).
- Téllez, T., y Gomez, M. (2022). Concentración de nitratos en lechuga (*Lactuca sativa* L.) En un sistema de raíz flotante. *Interciencia*, 47(6), 225-231. [https://www.redalyc.org/journal/339/33971864004/html/#redalyc\\_33971864004\\_ref26](https://www.redalyc.org/journal/339/33971864004/html/#redalyc_33971864004_ref26)
- Torres., C (2018). Análisis comparativo de costos de inversión de sistemas hidropónicos. Tesis. Facultad de ciencias agrarias. Ecuador. Disponible en: <http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2249/>. Consultado: 12/09/2022.



## ANEXOS

### Anexo 1. Elaboración de la infraestructura.



Fuente: La Autora.

### Anexo 2. Elaboración del sistema de riego.



Fuente: La Autora.

**Anexo 3.** Aplicar la cubierta de plásticos para la madera.



**Fuente:** La Autora.

**Anexo 4.** Peso de los nutrientes.



**Fuente:** La Autora.



**Anexo 5. Concentración de solución nutritiva.**



**Fuente:** La Autora.

**Anexo 6. Aplicación de SN y elaboración del Poliestireno.**



**Fuente:** La Autora.

**Anexo 7. Variedad de Lechuga seda.**



**Fuente:** La Autora.

**Anexo 8. Semillero de Lechuga y preparación para trasplante.**



**Fuente:** La Autora.



**Anexo 9.** Trasplante de lechuga en el sistema raíz flotante.



**Nota:** Se realizó el trasplante a las 2 semanas de germinación  
**Fuente:** La Autora.

**Anexo 10.** Instalación de oxigenador.



**Fuente:** La Autora.

**Anexo 11.** Aplicar maya para proteger de roedores.



**Fuente:** La Autora.

**Anexo 12.** Mediciones de parámetros conductividad eléctrica.



**Fuente:** La Autora.



**Anexo 13.** Mediciones de parámetros en oxigenación y pH



**Fuente:** La Autora.

**Anexo 14.** Mediciones de parámetros en Nitrato, Calcio, Potasio.



**Fuente:** La Autora.

**Anexo 15.** Aplicación de repelente de Ají y vinagre.



**Fuente:** La Autora.

**Anexo 16.** Deficiencia de nutrientes.



**Fuente:** La Autora.



**Anexo 17.** Muestreo de las plantas de lechugas peso fresco (4era semana).



**Fuente:** La Autora.

**Anexo 18.** Analizar peso fresco de raíz y hoja.



**Fuente:** La Autora.

**Anexo 19.** Muestreo de las plantas de lechugas *peso seco*.



**Fuente:** La Autora.

**Anexo 20.** Crecimiento de la planta



Continúe con el experimento después de haber tomado mis muestras para datos, hasta llegar a cosecha.

**Fuente:** La Autora



**Anexo 21.** Cosecha del cultivo de lechuga (60 días).



**Fuente:** La Autora

**Anexo 22.** Poscosecha del cultivo de lechuga



**Fuente:** La Autora

**Anexo 23.** Matriz de costos de inversión

<b>Cultivo Raiz Flotante Lechuga</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario USD</b>	<b>Total USD</b>
Bomba Aireadora	1	20.00	20.00
Playwood	3	5.36	16.08
Malla	1	30.24	30.24
Semilla	1	1.30	1.30
Tabla	6	7.00	42.00
Tiras	3	8.25	24.75
Plástico	1	20.00	20.00
Cuartón	6	5.00	30.00
Pvc	2	10.00	20.00
Tachuela metálica	1	7.00	7.00
Clavo	2	1.80	3.60
Cortes de Tabla	1	4.00	4.00
Mano de Obra	1	25.00	25.00
Poliestireno	3	3.33	9.99
Vaso de soporte	48	0.16	7.68
Plántulas	48	0.41	19.68
Horiba nitrato	1	450.00	450.00
Horiba potasio	1	395.00	395.00
Horiba Calcio	1	435.00	435.00
pHmetro	1	25.00	25.00
Medidor de oxígeno en agua	1	125.00	125.00
Conductímetro	1	98.00	98.00
Fertilizantes	1	30.00	30.00
<b>TOTAL</b>			<b>1 839.32</b>

**Elaborada por:** La Autora



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Aguirre Romero, Thais Amanda** con C.C: # **0954984381** autor/a del **Trabajo de Integración Curricular: Evaluación del efecto de tres diferentes soluciones nutritivas en cultivo flotante de lechuga (*Lactuca sativa*) en la Costa del Ecuador** previo a la obtención del título de **Ingeniera Agropecuaria** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior. de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior. de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación. con el propósito de generar un repositorio que democratice la información. respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil. **13 de febrero de 2023**

---

Nombre: **Aguirre Romero. Thais Amanda**  
C.C: **0954984381**



## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Evaluación del efecto de tres diferentes soluciones nutritivas en cultivo flotante de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> ) en la Costa del Ecuador		
<b>AUTOR(ES)</b>	Aguirre Romero. Thais Amanda		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Lcdo. Alfonso Llanderal Quiroz. Ph.D.		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Educación técnica para el desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Agropecuaria		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniería Agropecuaria		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	13 de Febrero de 2023	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	# 46
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Fisiología vegetal, Nutrición vegetal, Cultivo hidropónicos		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Concentración, cultivo sin suelo, oxigenación, nutrición vegetal.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):</b>	<p>El principal objetivo de la investigación es evaluar la mejor concentración de nutrientes en la solución nutritiva para el rendimiento del cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> cv. seda) en un sistema de cultivo flotante desarrollado en la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Para este experimento se realizó un diseño experimental aleatorio simple con 3 tratamientos y 4 repeticiones por tratamiento (cada tratamiento de 16 plantas). Los tratamientos aplicados son Solución Nutritiva (SN) de Hoagland y Arnon (1938) aplicada al 100 %, 75 % y 50 % durante todo el ciclo del cultivo. Las variables evaluadas fueron el peso fresco, peso seco de raíz y hoja, así mismo, se evaluó los valores de pH y las concentraciones de CE, oxígeno disuelto en agua, nitratos, potasio y calcio en la solución del suelo. Los datos se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de diferencia mínima significativa (LSD) (<math>P &lt; 0.05</math>) (Statgraphic Plus para Windows (versión 5.1.)). Los resultados obtenidos se encontraron que pH, CE y Oxígeno disuelto en el desarrollo del cultivo, se mantuvieron en rangos óptimos. El tratamiento control fue el mayor peso fresco de hoja y raíz. Los niveles de nitratos en hojas de las diferentes soluciones nutritivas son superiores a los permitidos por la Comisión Europea (<math>4\ 500\ \text{mg}\ \text{kg}^{-1}</math> peso fresco).</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	Teléfono: +593-4-939905148	E-mail: thais_amanda14@outlook.com	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	Nombre: Ing. Noelia Caicedo Coello. M.Sc.		
	Teléfono: +593-987361675		
	E-mail: noelia.caicedo@cu.ucsg.edu.ec		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			