



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**

## **FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

### **CARRERA AGRONOMÍA (REDISEÑO)**

Proyecto de Investigación previo  
a la obtención del título de  
Agrónomo.

#### **Título del Proyecto de Investigación:**

**“EFECTO DE SUSTANCIAS MINERALES ALTAMENTE DILUIDAS (SMADs)  
EN EL CULTIVO HIDROPÓNICO EN PLANTAS DE LECHUGA (*Lactuca sativa*  
L)”**

#### **Autor:**

Enma Leonor Morán Villacreses

#### **Director de Tesis:**

Fernando Abasolo Pacheco PhD.

**Quevedo – Los Ríos - Ecuador.**

**2021**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Yo, **Enma Leonor Morán Villacreses**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

f. \_\_\_\_\_

**Enma Leonor Morán Villacreses**

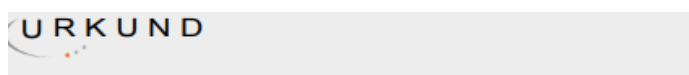
# **CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

El suscrito, Fernando Abasolo Pacheco, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante Enma Leonor Morán Villacreses realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado **“Efecto de sustancias minerales altamente diluidas (SMADs) en el cultivo hidropónico en plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L)”**, previo a la obtención del título de Agrónomo, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

.....  
**Fernando Abasolo Pacheco PhD.**  
**DIRECTOR DE TESIS**

# CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

URKUND	
Documento	<a href="#">2. correccion tesis Enma.docx</a> (D111985853)
Presentado	2021-09-02 12:09 (-05:00)
Presentado por	enma.moran@uteq.edu.ec
Recibido	fabasolo.uteq@analysis.urkund.com
Mensaje	Tesis Enma Morán <a href="#">Mostrar el mensaje completo</a>
	8% de estas 35 páginas, se componen de texto presente en 13 fuentes.



## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** 2. correccion tesis Enma.docx (D111985853)  
**Submitted:** 9/2/2021 7:09:00 PM  
**Submitted By:** enma.moran@uteq.edu.ec  
**Significance:** 8 %

### Sources included in the report:

VIVIANA SUAREZ (TESIS FINAL).docx (D111799688)  
Tesis Final Urkund.docx (D57829175)  
PROY. INV. KAREN NUÑEZ 29.08.17.docx (D30286268)  
<https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3304/1/T-UTEQ-0134.pdf>  
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/573/57363014018/html/index.html>  
<https://docplayer.es/75134849-Universidad-nacional-agraria-la-molina-facultad-de-agronomia-examen-profesional-sistema-de-produccion-hidroponica-de-lechuga-lactuca-sativa-l.html>  
<https://docplayer.es/152547324-Universidad-nacional-de-san-antonio-abad-del-cusco-facultad-de-ciencias-agrarias-escuela-profesional-de-agronomia.html>  
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/15319/T-2474.pdf?sequence=1&isAllowed=y>  
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23421/1/Tesis-136%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20413.pdf>  
[https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/SILVA%20ROLDAN%20MILTON%20ALFONSO\\_compressed.pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/SILVA%20ROLDAN%20MILTON%20ALFONSO_compressed.pdf)  
<https://docplayer.es/65030655-Universidad-de-el-salvador-facultad-de-ciencias-agronomicas.html>  
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/PEREZ%20RONQUILLO%20JOSE%20MIGUEL.pdf>  
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/29680/1/PROYECTO%20INVESTIGACION%20FINAL%20YILBER%20CORDERO.docx>

### Instances where selected sources appear:

42



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA AGRONOMÍA (REDISEÑO)**

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE  
SUSTENTACIÓN**

**PROYECTO DE INVESTIGACION**

**Título:**

**“EFECTO DE SUSTANCIAS MINERALES ALTAMENTE DILUIDAS (SMADs)  
EN EL CULTIVO HIDROPÓNICO EN PLANTAS DE LECHUGA (*Lactuca Sativa*  
L)”**

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Agrónomo.

Aprobado por:

---

Silvia Saucedo PhD.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE TESIS

---

Ing. MSc. Erick Alberto Egüez Enríquez  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS

---

Ing. MSc. César Ramiro Berneo Toledo  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS

QUEVEDO – LOS RIOS – ECUADOR

2021

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por permitirme vivir con salud esta hermosa experiencia y bendecirme con una familia que me apoyó en todo momento para la realización de mi meta y convertirme en profesional.

Agradezco a mis padres, hermanos, hija y sobrinos que con su amor incondicional son mi impulso para cada día a ser mejor persona.

De manera muy especial a mi tutor, docente y amigo, el Dr. Fernando Abasolo, quien me ha brindado su confianza, apoyo y quien me ha sabido guiar de manera adecuada para que culmine con éxitos mi trabajo de investigación.

Agradezco cada uno de los docentes que compartieron sus conocimientos conmigo, en especial al Ing. Erick Egüez y el Ing. Favio Herrera por la paciencia y dedicación; ya que fueron parte fundamental para la culminación de mis años de estudio.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo porque gracias ella pude lograr mi objetivo de obtener mi título universitario y conocer grandes amigos que me brindaron su cariño y contribuyeron a lo largo de la carrera; no podría mencionarlos a cada uno, pero sepan que estoy muy agradecida con ustedes por la confianza depositada en mí.

Muchas gracias a las personas que de una u otra manera contribuyeron para que este sueño se convierta en realidad.

Enma Leonor Morán Villacreses

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme fortaleza cada vez que tenía obstáculos, por cuidar mis pasos y guiar mi camino.

A mis padres que con su gran apoyo pude alcanzar mis metas ya que siempre han depositado confianza y con mucho sacrificio han velado por mi salud, bienestar y educación; dándome la mano en los momentos más adversos y con sus consejos me han dado la energía para poder lograr mis sueños.

Enma Leonor Morán Villacreses

## RESUMEN

La lechuga es la hortaliza de hoja más consumida a nivel mundial; sin embargo, aún es necesario optimizar su cultivo, utilizando nuevas tecnologías sustentables. El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de las SMADs en el cultivo hidropónico de plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L.). El experimento se realizó con cuatro tratamientos: *Silicea terra*, *Natrum muriaticum*, la combinación de *Silicea* y *Natrum* y un grupo control (sin SMADs), bajo un diseño completamente al azar en tres repeticiones. Cada unidad experimental (kit comercial hidropónico) contenía seis plantas, en donde se siguió las etapas de emergencia y desarrollo vegetativo. La etapa de germinación se siguió en cajas Petri, en donde previamente se sumergieron las semillas en cada tratamiento. Las variables de respuesta fueron: porcentaje de germinación, emergencia y variables morfométricas. Adicionalmente se determinaron factores físico-químicos y microbiológicos de los sistemas hidropónicos, así como análisis de nutrientes en plantas. Los resultados revelaron que *Silicea terra* mejora la germinación y emergencia; mientras que en la etapa de desarrollo vegetativo *Natrum muriaticum* optimizó las diferentes variables morfométricas, se destacó mayor raíz con 39.56cm, número de hojas con 19 por planta y peso fresco con 19.4 gr y seco con 0.98 gr, en relación al grupo control con valores de 28.16, 11, 13.91, 0.97 respectivamente. En cuanto a variables de calidad de agua para el número de UFC el mayor promedio se alcanzó en *Silicea terra* (544), respecto al control (221). La temperatura se mantuvo constante 28°C en todos los tratamientos, el pH más estable se mantuvo en *Natrum muriaticum*, mientras que la conductividad eléctrica presentó valores en un rango de 1500 a 3000 ppm. Las SMADs causan efectos favorables sobre el crecimiento y desarrollo de plantas de lechuga cultivadas en un sistema hidropónico.

Palabras clave: *Silicea terra*, *Natrum muriaticum*, agrohomeopatía, inocuidad alimentaria.

## ABSTRACT

Lettuce is the leafy vegetable most consumed worldwide, however it is still necessary to optimize its cultivation, using new sustainable technologies. The present research had the objective to evaluate the effect of SMADs in the hydroponic growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.) to determine the best treatment. The experiment had four treatments: *Silicea terra*, *Natrum muriaticum*, a combination of *Silicea* and *Natrum* and a control group (no SMADs). The experiment was established as a completely randomized design with three repetitions. Each experimental unit (commercial hydroponic kit) had six plants, where they reach emergency and vegetative growth phase. The germination phase was done in Petri dishes, where the seeds were previously embedded with each treatment. The evaluated variables were percentage and germination rate, and emergency and morphometric variables. Additionally physical-chemical, microbiological factors and nutrient analysis in plants were determined. The results suggested that *Silicea terra* improved the germination and seed emergency, while *Natrum muriaticum* improved the vegetative growth of the different morphometrical variables, showing a bigger root with 39.5 cm, 19 leaves per plant, fresh weight of 19.4 g and dry weight of 0.98 g, compared to the control where 28.16, 11, 13.91 and 0.97 were obtained respectively. Water quality evaluated as UFC where higher in *Silicea terra* (544) compared to the control (221). The temperature was constant during the experiment (28°C in all treatments), pH was more stable in *Natrum*, while electrical conductivity showed values in a range of 1500 to 3000 ppm. The SMADs cause favorable effects on the growth and development of lettuce plants grown in a hydroponic system.

Keywords: *Silicea Terra*, *Natrum Muriaticum*, Agro homeopathy, food safety.

# TABLA DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS .....	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.....	iv
CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	ix
TABLA DE CONTENIDOS .....	x
CÓDIGO DUBLIN.....	xvi
Introducción.....	1

## CAPÍTULO I CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación .....	4
1.1.1. Planteamiento del Problema .....	4
1.1.2. Formulación del problema .....	4
1.1.3. Sistematización del problema .....	4
1.2. OBJETIVOS .....	5
1.2.1. General.....	5
1.2.2. Objetivos Específicos.....	5
1.3. Justificación .....	6

## CAPÍTULO II FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual.....	8
2.1.1. Cultivo de lechuga .....	8
2.1.1.1. Taxonomía .....	8
2.1.1.2. Morfología de la Planta.....	9
2.1.1.3. Variedades.....	9
2.1.1.4. Valor nutritivo.....	10
2.1.1.5. Requerimientos edafoclimáticos .....	11
2.1.1.6. Distancia de siembra .....	11
2.1.2. Hidroponía .....	12

2.1.2.1.	Historia.....	12
2.1.2.2.	Sistemas hidropónicos .....	13
2.1.2.3.	Solución nutritiva en hidroponía.....	14
2.1.2.4.	Requerimientos de lechuga en hidroponía.....	15
2.1.3.	Propiedades generales de la solución nutritiva .....	16
2.1.3.2.	Ventajas y desventajas de la hidroponía .....	16
2.1.4.	Sustancias minerales altamente diluidas .....	18
2.1.4.1.	La homeopatía en la agricultura.....	19
2.1.4.2.	Sustancias homeopáticas.....	19
2.2.	Marco referencial.....	21

### CAPÍTULO III MÉTODOLÓGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.	Localización de la investigación .....	25
3.2.	Tipo de investigación .....	25
3.3.	Método de investigación .....	25
3.4.	Fuentes de recopilación de información.....	26
3.5.	Diseño de la investigación .....	26
3.6.	Instrumentos de investigación.....	26
3.7.	Tratamiento de los datos.....	27
3.7.1.	Factores a probar .....	27
3.7.2.	Diseño del Experimento.....	28
3.7.3.	Procesamiento y análisis de la información.....	30
3.7.4.	Manejo del experimento .....	30
3.7.5.	Parámetros de la calidad del agua.....	31
3.7.5.1.	Características físico-químicas y nutricionales .....	31
3.7.6.	Variables a evaluar .....	32
3.7.6.4.	Peso fresco (g).....	33
3.8.	Recursos humanos y materiales .....	33
3.8.1.	Material Vegetal .....	33
3.8.2.	Materiales de laboratorio .....	33
3.8.3.	Equipos de laboratorio .....	34
3.8.4.	Reactivos y Solventes .....	34
3.8.5.	Materiales de oficina .....	34

## CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Resultados.....	36
4.1.1.	Porcentaje de germinación.....	36
4.1.2.	Tasa de crecimiento en emergencia .....	36
4.1.3.	Longitud de la raíz.....	37
4.1.4.	Altura de planta de lechuga .....	37
4.1.5.	Número de hojas de lechuga.....	38
4.1.6.	Longitud de hoja .....	38
4.1.7.	Diámetro de la hoja.....	39
4.1.8.	Peso fresco parte aérea de la planta .....	39
4.1.9.	Peso seco parte aérea de la planta .....	40
4.1.10.	Peso fresco de la raíz de la planta .....	40
4.1.11.	Peso seco de la raíz de la planta .....	41
4.1.12.	Análisis microbiológico (conteo de bacterias) .....	41
4.1.13.	Parámetros de calidad de agua .....	42
4.1.13.1.	Análisis nutricional.....	42
4.1.13.2.	Nivel de pH.....	43
4.1.13.3.	Conductividad eléctrica.....	43
4.2.	Discusión .....	45

## CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones .....	50
5.2.	Recomendaciones .....	51

## CAPITULO VI BIBLIOGRAFÍA

6.1.	Bibliografía.....	53
------	-------------------	----

## CAPITULO VII ANEXOS

7.1.	Anexos .....	61
------	--------------	----

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clasificación taxonómica de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.).....	8
<b>Tabla 2.</b> Valor nutricional de la lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.) por cada 100 gramos.....	10
<b>Tabla 3.</b> Composición de la solución nutritiva: .....	15
<b>Tabla 4.</b> Principales ventajas y desventajas de un sistema hidropónico.....	17
<b>Tabla 5.</b> Solución Nutritiva diluida para regar las unidades experimentales. ....	28
<b>Tabla 6.</b> Tratamientos y grupo control para evaluar el efecto de SMADs en cultivos hidropónicos de lechuga.....	29
<b>Tabla 7.</b> Esquema de análisis de varianza. ....	30

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Sistema hidropónico: kit comercial marca Freehawk para cultivo con bomba de aire, capacidad para seis plantas.....	29
<b>Figura 2.</b> Evaluación del efecto de las SMADs, en soluciones 13C, en porcentaje de germinación de la lechuga establecidos en un sistema de cultivo hidropónico. ....	36
<b>Figura 3.</b> Evaluación del efecto de las SMADs, en soluciones 13C, en tasa de crecimiento en emergencia de la lechuga establecidos en un sistema de cultivo hidropónico. ....	36
<b>Figura 4.</b> Evaluación del efecto de las SMADs, en soluciones 13C, en longitud de la raíz de la lechuga establecidos en un sistema de cultivo hidropónico. ....	37
<b>Figura 5.</b> Evaluación del efecto de las SMADs, en soluciones 13C, en la altura de planta de lechuga establecidos en un sistema de cultivo. ....	37
<b>Figura 6.</b> Evaluación del efecto de las SMADs, en soluciones 13C, en número de hojas de lechuga establecidos en un sistema de cultivo hidropónico. ....	38
<b>Figura 7.</b> Evaluación del efecto de las SMADs, en soluciones 13C, en la longitud de hoja de lechuga establecidos en un sistema de cultivo hidropónico. ....	38
<b>Figura 8.</b> Evaluación del efecto de las SMADs, en soluciones 13C, en el diámetro de hoja de lechuga establecidos en un sistema de cultivo hidropónico. ....	39
<b>Figura 9.</b> Evaluación del efecto de las SMADs, en soluciones 13C, en el peso fresco de la lechuga establecidos en un sistema de cultivo hidropónico. ....	39
<b>Figura 10.</b> Evaluación del efecto de las SMADs, en soluciones 13C, en el peso seco de la lechuga establecidos en un sistema de cultivo hidropónico. ....	40
<b>Figura 11.</b> Evaluación del efecto de las SMADs, en soluciones 13C, en el peso fresco de raíz de lechuga establecidos en un sistema de cultivo hidropónico. ....	40
<b>Figura 12.</b> Evaluación del efecto de las SMADs, en soluciones 13C, en el peso seco de la raíz de lechuga establecidos en un sistema de cultivo hidropónico. ....	41
<b>Figura 13.</b> Evaluación de las Unidades Formadoras de Colonia (UFC). ....	41
<b>Figura 14.</b> Evaluación extracción de nutriente (N, P, K, Ca y Mg). ....	42
<b>Figura 15.</b> Análisis de regresión para valores de potencial hidrógeno (pH). ....	43

## Índice de Anexos

<b>Anexo 1</b> Análisis de porcentaje de germinación.....	61
<b>Anexo 2.</b> Sales minerales.....	61
<b>Anexo 3.</b> Análisis de Porcentaje de Emergencia.....	61
<b>Anexo 4.</b> Análisis de Desarrollo vegetativo semana dos .....	62
<b>Anexo 5.</b> Análisis de desarrollo vegetativo semana siete .....	62
<b>Anexo 6.</b> Análisis de desarrollo radicular .....	62
<b>Anexo 7.</b> Realización de protocolo para cultivo de bacterias. ....	63
<b>Anexo 8.</b> Conteo de UFC. ....	63
<b>Anexo 9</b> Análisis de tejido tipo 1 .....	63

## CÓDIGO DUBLIN

Título:	“Efecto De Sustancias Minerales Altamente Diluidas (SMADs) En El Cultivo Hidropónico En Plantas De Lechuga ( <i>Lactuca Sativa</i> L)”				
Autor:	<u>Morán Villacreses Enma Leonor</u>				
Palabras clave:	<i>Silicea Terra</i>	<i>Natrum Muriaticum</i>	Agrohomeopatía	inocuidad alimentaria	
Fecha de publicación:					
Editorial:					
Resumen: (hasta 300 palabras)	<p>La lechuga es la hortaliza de hoja más consumida a nivel mundial; sin embargo, aún es necesario optimizar su cultivo, utilizando nuevas tecnologías sustentables. El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de las SMADs en el cultivo hidropónico de plantas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.). El experimento se realizó con cuatro tratamientos: <i>Silicea terra</i>, <i>Natrum muriaticum</i>, la combinación de <i>Silicea</i> y <i>Natrum</i> y un grupo control (sin SMADs), bajo un diseño completamente al azar en tres repeticiones. Cada unidad experimental (kit comercial hidropónico) contenía seis plantas, en donde se siguió las etapas de emergencia y desarrollo vegetativo. La etapa de germinación se siguió en cajas Petri, en donde previamente se sumergieron las semillas en cada tratamiento. Las variables de respuesta fueron: porcentaje de germinación, emergencia y variables morfométricas. Adicionalmente se determinaron factores físico-químicos y microbiológicos de los sistemas hidropónicos, así como análisis de nutrientes en plantas. Los resultados revelaron que <i>Silicea terra</i> mejora la germinación y emergencia; mientras que en la etapa de desarrollo vegetativo <i>Natrum muriaticum</i> optimizó las diferentes variables morfométricas, se destacó mayor raíz con 39.5cm, número de hojas con 19 por planta y peso fresco con 19.4 gr y seco con 0.98 gr, en relación al grupo control con valores de 28.16, 11, 13.91, 0.97 respectivamente. En cuanto a variables de calidad de agua para el número de UFC el mayor promedio se alcanzó en <i>Silicea terra</i> (544), respecto al control (221). La temperatura se mantuvo constante 28°C en todos los tratamientos, el pH más estable se mantuvo en <i>Natrum muriaticum</i>, mientras que la conductividad eléctrica presentó valores en un rango de 1500 a 3000 ppm. Las SMADs causan efectos favorables sobre el crecimiento y desarrollo de plantas de lechuga cultivadas en un sistema hidropónico.</p>				
Descripción:	86 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162				
URI:	<u>(en blanco hasta cuando se dispongan los repositorios)</u>				

## Introducción

La lechuga (*Lactuca sativa* L) de la familia de las asteráceas, cuyos orígenes se sitúan en la India y Asia Central tiene una antigüedad de 2500 años. Las primeras lechugas de las que se tiene referencia son las de hoja suelta y las acogolladas conocidas en Europa desde el siglo XVI, actualmente es una de las hortalizas más cultivadas que tiene gran demanda a nivel nacional e internacional (Duran, 2010). Es una de las hortalizas de hoja más comunes y consumidas en todo el mundo, la mayor cantidad de producción se concentra en zonas con temperaturas subtropicales. Según Saavedra *et al.*, (2017), en la actualidad existen cultivos de lechuga al aire libre, en condiciones controladas, semicontroladas, en suelo o con sistemas hidropónicos; esta última evita las limitaciones que provocan las condiciones climáticas, luminosas y de suelo.

Los diferentes problemas agroclimáticos como la erosión de suelos, el empleo excesivo de plaguicidas, el cambio climático y sobre todo el sistema minifundista en Ecuador han ocasionado la búsqueda de nuevas alternativas para la producción hortícola, teniendo entre otras a la producción hidropónica. La cual mejora la calidad de las cosechas aumentando la rentabilidad, disminuyendo el periodo vegetativo; Ortuño *et al.*, (2016) indica que la hidroponía representa una alternativa que optimiza el uso del recurso suelo ya que demanda de espacios pequeños y permite utilizar la agricultura orgánica durante su proceso de producción. El proceso del sistema hidropónico es más sencillo ya que en todo invernadero el control ambiental es más accesible y el ataque de plagas menos probable.

Aunque las soluciones nutritivas usadas en hidroponía son completas y bien formuladas, la nutrición en los cultivos hidropónicos aun presenta deficiencias. Los problemas nutricionales más comunes en los sistemas hidropónicos son el potasio en frutales como el tomate; hierro en ciertas condiciones ambientales; nitrógeno en cultivos altamente vegetativos; y, calcio en especies como lechuga, tomate y pimiento (GroHo, 2021). La deficiencia en cuanto a asimilación de nutrientes en los sistemas hidropónicos podría disminuir la calidad de agua y afectar el rendimiento del cultivo.

El uso de sustancias minerales altamente diluidas (SMADs) contribuye al desarrollo vegetativo, incrementando representativamente el aumento de la producción y calidad del producto (Moreno, 2009). Se han reportado trabajos que afirman la efectividad de las SMADs en la nutrición de hortalizas cultivadas en suelo (Bonilla, 2017; Meneses, 2017;

Abasolo, 2020). En los sistemas hidropónicos la disponibilidad de los nutrientes es mucho más óptima, ya que puede controlarse, por lo que el potencial de las SMADs podría mejorar significativamente. Así mismo, las SMADs podrían disminuir efecto de factores estresantes, como la salinidad que afecta directamente a los cultivos en hidroponía, limitando su crecimiento. En este sentido Mazón-Suástegui et al. (2018) indican que *Natrum Muriaticum* disminuye los efectos negativos por la salinidad como condición de estrés en plantas de albahaca, así mismo Rodríguez-Álvarez et al. (2020) observa el mismo efecto en plantas de pimiento.

Por lo anterior, la finalidad de esta investigación se basa en evaluar el efecto de dos sustancias minerales altamente diluidas en plantas de lechuga cultivadas en un sistema hidropónico.

**CAPÍTULO I**

**CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Problema de investigación**

### **1.1.1. Planteamiento del Problema**

Los cultivos hidropónicos en hortalizas, incluyendo la lechuga, presentan limitaciones en cuanto a la asimilación de nutrientes, afectando directamente el desarrollo de las plantas. Asimismo, existen factores estresantes de origen biótico y/o abiótico que afectan la adaptabilidad de la planta ocasionando problemas en el crecimiento de las plantas.

#### **Diagnóstico**

Se cuenta ya con diversas metodologías que favorecen la producción de lechuga en sistemas hidropónicos, sin embargo, aún existen deficiencias en cuanto a la asimilación de nutrientes y la adaptabilidad de la especie ocasionada por diferentes factores de estrés.

#### **Pronóstico**

Las SMADs incorporadas en sistemas hidropónicos mejoran la absorción de nutrientes en plantas de lechuga y disminuyen de manera considerable los problemas ocasionados por los factores de estrés de origen biótico o abiótico.

### **1.1.2. Formulación del problema**

¿Cómo el efecto de las SMADs incide en las características morfológicas y nutricionales de plantas de lechuga, así como en los factores de calidad de agua en un sistema hidropónico?

### **1.1.3. Sistematización del problema**

¿Las SMADs inciden positivamente en el porcentaje de emergencia y germinación de semillas de lechuga en un sistema hidropónico?

¿Las SMADs usadas en sistemas hidropónicos optimizan el desarrollo vegetativo y favorecen la asimilación de nutrientes en plantas de lechuga?

¿El uso de los diferentes tratamientos modifica las características físico-químicas y microbiológicas en los sistemas hidropónicos?

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. General**

Evaluar el efecto de SMADs en el cultivo hidropónico de plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L).

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Determinar el efecto de SMADs sobre el porcentaje de germinación y emergencia en semillas de lechuga cultivadas en sistemas hidropónicos.
- Evaluar el efecto de SMADs en el desarrollo vegetativo en plantas de lechuga cultivadas en sistemas hidropónicos.
- Caracterizar variables físicas, químicas, microbiológicas y nutricionales de los diferentes tratamientos.

### **1.3. Justificación**

La lechuga es una de las hortalizas más importantes y en la actualidad se la considera como la hortaliza de hoja por excelencia, debido a su alta calidad culinaria y cualidades nutricionales. En Ecuador es uno de los principales productos de la canasta básica ya que está considerado de los más importantes del grupo de las hortalizas debido a que es consumida mayormente en forma de ensalada.

Presenta fácil adaptación a los sistemas hidropónicos por lo que se considera un alimento con alto nivel de inocuidad al ser cultivado bajo condiciones controladas. Así mismo, en sistemas hidropónicos se logra controlar de mejor manera la disponibilidad de los nutrientes, y otros factores del cultivo. Sin embargo, aún es necesario optimizar la asimilación de los nutrientes disponibles en estos sistemas y disminuir factores de estrés de tipo biótico o abiótico que limitan el crecimiento de las plantas.

En este sentido, la aplicación de las SMADs se utiliza en la actualidad para mejorar procesos fisiológicos de la planta al reducir el estrés provocado por diversos factores, y se ha demostrado que tienen un efecto positivo en relación a mejorar los procesos de asimilación de nutrientes en plantas, particularmente en hortalizas. Adicionalmente, el uso de estas sustancias es segura para el medio ambiente, contribuye en la inocuidad alimentaria, es económica y fácil de aplicar, por lo que podría beneficiar, sobre todo, a los pequeños productores y grandes productores de lechuga hidropónica.

## **CAPÍTULO II**

# **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## 2.1. Marco conceptual

### 2.1.1. Cultivo de lechuga

La lechuga en sus distintas formas y colores, es una de las hortalizas de hoja más comunes y consumidas en el mundo (Saavedra et al., 2017). En el Ecuador para la producción de lechuga se destinan 1288 hectáreas las cuales que generan una producción aproximada de 7680 toneladas métricas, mismas que tiene gran demanda en los mercados locales y extranjeros; mencionando a Estados Unidos uno de los mayores consumidores (Ortega, 2020).

La lechuga es parte de la familia dicotiledónea más grande del reino vegetal. Esta situación ha dado lugar a diversos autores a diferenciar variedades botánicas en la especie; varias son cultivos hortícolas de importancia en distintas regiones del mundo (Saavedra et al., 2017).

#### 2.1.1.1. Taxonomía

La lechuga es una planta de la familia de las Asteráceas, cuyos orígenes se concentran en la India y Asia Central, su nombre botánico es *Lactuca sativa* L. (Duran, 2010). Se indica que su clasificación taxonómica es la siguiente:

**Tabla 1.** Clasificación taxonómica de lechuga (*Lactuca sativa* L)

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliophyta
Orden	Asterales
Familia	Asteraceae
Género	<i>Lactuca</i>
Especie	<i>sativa</i> L.

**Fuente:** (Cacarín, 2017)

La lechuga contribuye con una gran diversidad de variedades que se diferencian por el tipo de hojas, necesidades nutricionales, hábitos de crecimiento, lo cual ha inducido a varios autores a distinguir variables en la botánica de esta especie, ya que su producción varía en diferentes regiones del mundo (Saavedra, 2017).

### 2.1.1.2. Morfología de la Planta

Según Salinas, (2018); la morfología de la planta de lechuga se caracteriza por poseer:

**Raíz:** alcanza una profundidad máxima que es de 25 cm, se presenta fibrosa, pivotante, superficiales y con muchas ramificaciones.

**Hojas:** crecen en manera de roseta, desplegadas al principio; en ciertos casos se mantienen así durante todo su crecimiento como la variedad romana, y en otros se acogollan más tarde. Dependiendo de la variedad, el borde puede ser liso, ondulado o aserrado.

**Tallo:** son cortos, lactosas, cilíndricos y blandos, cubiertos de follaje.

**Flores:** se agrupan en ramilletes, de color amarillo pálido, pequeño y hermafroditas, el ovario es unicelular y su único ovulo maduro es la semilla.

**Semillas:** esta es picuda y plana, de color negro, blanco, amarillo o gris, según la variedad.

### 2.1.1.3. Variedades

Según Montesdeoca, (2009), las variedades de lechuga están agrupadas de acuerdo a la forma de su desarrollo y crecimiento, las cuales se clasifican en tres diferentes tipos: De cabeza o arrepollados, con hojas grandes, envolventes de color verde claro que son las que más demanda comercial tienen. Otro tipo se identifica por sus hojas sueltas y crispa sin formar repollo, grandes hojas de color verde claro, bordes muy crespos; sus manojos se pueden cosechar individualmente sin arrancar la planta. La variedad romana pertenece al grupo con hojas alargadas que forman un cogollo suelto, frágil, las hojas tienen coloración verde en la parte exterior y blanco en el interior. Tal como menciona Montesdeoca, (2009), en el Ecuador las variedades más cultivadas son las siguientes:

**Seda:** esta variedad tiene hojas pequeñas, delicadas, de exquisito sabor y es recomendada para platos especiales. Su coloración es verde amarillo, de hojas finas alargadas, se puede cosechar a los 62 días después de la siembra, el pH óptimo es de 5.8 y 6.2. En cuanto a la producción es precoz y acepta los climas cálidos y templados.

**Crespa:** variedad que contiene hojas finas, encrespadas, grandes, abiertas, buen vigor, alta uniformidad, buen rizado, de color verde claro, su tallo es aéreo y herbáceo, su ciclo de vida

es de 86 días, requieren un pH entre 5.5 y 7.5, rinde aproximadamente 10 ton/ha., su siembra puede ser convencional en campo abierto, en invernadero o hidropónico.

**Green Salad Bowl:** Es una planta firme, altura de 20 a 25 cm, color verde claro, tipo cressa con cabeza grande. Su ciclo de vida es de 90 días, el pH óptimo está entre 5.2 y 5.8, es tolerante a temperaturas elevadas y requieren de una humedad relativa de 70 al 90%.

**Lollo Rossa:** Variedad de lechuga de color rojo oscuro con hojas de forma muy rizadas, tallo herbáceo, carece de cogollo compacto. Se puede cosechar como planta entera o bien en forma de poda a medida que van creciendo. Su ciclo de vida es de 86 a 90 días y rinde aproximadamente 20 ton/ha.

#### 2.1.1.4. Valor nutritivo

En la siguiente tabla se detallan los valores nutricionales adecuados para el cultivo de lechuga por cada 100 gramos.

**Tabla 2.** Valor nutricional de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) por cada 100 gramos

Parámetro	Valor promedio
Agua	96.61%
Proteína	1.23 g
Grasa Total	0.3 g
Carbohidratos	3.28 g
Calcio	33 mg
Fósforo	30 mg
Hierro	0.97 mg
Tiamina	0.07 mg
Riboflavina	0.07 mg
Vitamina C	24 mg
Vitamina A equiv. retinol	290 mg
Potasio	247 mg
Sodio	8 g
Magnesio	14 mg

**Fuente:**(Álvarez, 2016)

### 2.1.1.5. Requerimientos edafoclimáticos

**Clima:** Se cultiva principalmente en zonas altas, ya que de esta manera se obtiene un mejor desarrollo y calidad, lo obtiene por encima de los 1100 msnm. Es muy tolerante a las temperaturas bajas, pero en condiciones de altas temperaturas su calidad desmejora y la vida de anaquel se limita bastante. La temperatura óptima para el crecimiento es de 18 a 23 °C durante el día y de 7 a 15 °C durante la noche, la temperatura máxima puede ser de 30 °C y la mínima que puede soportar es de hasta -6 °C. Para un desarrollo normal de la planta, es necesario que las temperaturas durante la fase de crecimiento permanezcan entre 20 y 24°C (Carillo, *et al.*, 2019).

**Humedad relativa:** El sistema radicular de la lechuga es muy escaso en comparación con la parte aérea, por lo que es muy susceptible al estrés hídrico y difícilmente soportará un periodo de sequía, aunque éste dure muy poco. La humedad relativa óptima para los cultivos de lechuga es del 60 al 80%, aunque en determinados momentos le es favorable tener menos del 60%. La humedad ambiental es uno de los principales problemas que presenta este cultivo en invernadero, por lo que se recomienda su cultivo en campo abierto, cuando las condiciones climatológicas lo permitan (Casaca, 2017).

Por otra parte, Carillo, *et al.*, (2019), menciona que los requerimientos edafológicos que se necesitan para que el cultivo de lechuga pueda tener una buena rentabilidad son:

- Necesidad hídrica mayor de 134 mm por ciclo
- Suelos ligeros entre arenoso-limosos, con buen drenaje
- El pH que soporta va entre 6.7 y 7.4.
- En relación a la conductividad eléctrica soporta desde un rango de 1 a 2.3 mS/cm (milisimens sobre centímetro).

### 2.1.1.6. Distancia de siembra

Distancia de siembra en hileras de 30 cm y 20 -30 cm entre plantas. Existen algunas variedades de lechuga que no necesitan que sus semillas sean cubiertas con la tierra debido a que requieren de luz para su germinación, pero es recomendable presionar para que tengan un adecuado contacto con la tierra al momento de realizar el semillero. La semilla de lechuga es frágil al almacenamiento prolongado por lo que no es recomendable hacerlo y obtener semillas nuevas (IICA, 2007).

## **2.1.2. Hidroponía**

### **2.1.2.1. Historia**

La hidroponía se deriva de las palabras en griego *Hydro* (agua) y *Ponos* (labor o trabajo), por lo que literalmente significa trabajo en agua (Soto, 2017). Es parte de los sistemas de producción llamados cultivos sin suelo. En estos sistemas el medio de crecimiento y/o soporte de la planta está constituido por sustancias de diverso origen, orgánico o inorgánico, inertes o no inertes es decir con tasa variable de aportes a la nutrición mineral de las plantas (Gilsanz, 2017).

El cultivo de las plantas sin tierra, se ha desarrollado a partir de los descubrimientos hechos en las experiencias llevadas a cabo para determinar que sustancias hacen crecer a las plantas y la composición de ellas. Este trabajo comenzó tiempo atrás, hacia los años 1600; no obstante, las plantas fueron cultivadas sin tierra mucho antes de esto. Los jardines colgantes de Babilonia; los jardines flotantes de los aztecas, en México y los de la China imperial son ejemplos de estos cultivos, existiendo también jeroglíficos egipcios fechados cientos de años antes de Cristo que describen el cultivo de plantas en agua (Resh, 2018).

Las primeras investigaciones en nutrición vegetal demostraron que se podía conseguir un crecimiento normal de plantas, sumergiendo las raíces en una solución acuosa que contuviese sales de Nitrógeno (N), Fósforo (P), Azufre (S), Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg), los cuales se definen en la actualidad como los macronutrientes, elementos necesitados en relativamente grandes y medianas cantidades. Entre 1929 y 1930, el profesor W.F. Gericke de fisiología vegetal de la Universidad de California, puso los ensayos de laboratorio de nutrición vegetal a escala comercial, denominando a este sistema de cultivo en nutrientes hidropónicos (Beltrano, 2015).

Después de la segunda guerra mundial, los militares continuaron utilizando los cultivos hidropónicos; por ejemplo, el ejército americano estableció un proyecto de 22 hectáreas en la Isla Chofú (Japón), expandiéndose los cultivos hidropónicos a plan comercial a través del mundo en los años cincuenta, en países como Italia, España., Francia, Inglaterra, Alemania, Suecia e Israel (Resh, M, 2018).

El cultivo Hidropónico ha podido adaptarse a diversas situaciones, desde los cultivos al aire y en invernadero, a los altamente especializados en submarinos atómicos para obtener verduras frescas para la tripulación, esto es una ciencia espacial, pero al mismo tiempo

pueden ser utilizados en países subdesarrollados del tercer mundo para proveer una producción intensiva de alimentos en áreas limitadas (Guzmán, 2018).

Existe un control sobre la nutrición vegetal al uso de soluciones nutritivas; permitiendo obtener un fruto estandarizado, de mejor tamaño y calidad. En muchos casos, el tiempo de desarrollo de la planta se acorta, como, por ejemplo, en las lechugas, donde en tierra su ciclo antes del consumo es de aproximadamente 3.5 meses, cuando en hidroponía, en la técnica hidropónica de raíz flotante las podemos cultivar en tan solo 1.5 meses a partir de su germinación (Beltrano, 2015).

Podemos ir desde sustancias como perlita, vermiculita o lana de roca, materiales que son consideradas propiamente inertes y donde la nutrición de la planta es estrictamente externa, a medios orgánicos realizados con mezclas que incluyen turbas o materiales orgánicos como corteza de árboles picada, cáscara de arroz etc. que interfieren en la nutrición mineral de las plantas (Gilsanz, 2017).

Además de permitir una mejor eficiencia en el uso del agua debido a la reducción de las pérdidas por evaporación, la hidroponía puede amplificar la ventaja del riego localizado con respecto al menor efecto de salinidad en las plantas, al tiempo que reduce los riesgos ambientales asociados con la acumulación de sales en el medio ambiente (Alves, 2016).

La hidroponía es considerada en la actualidad como la agricultura del futuro, ya que permite tener cultivos en todo tipo de climas y en diversas condiciones. Sus características la hacen apta para ser desarrollada en casa. Esta técnica de producción es una alternativa relativamente nueva en nuestro entorno, que proporciona productos saludables y al mismo tiempo permite cosechas en períodos más cortos que la siembra tradicional, con productos de: excelente sabor, calidad e inocuidad, libres de residuos tóxicos, con mayor homogeneidad y más succulentos (Rojas, 2017).

#### **2.1.2.2. Sistemas hidropónicos**

Los sistemas hidropónicos se pueden dividir en sistemas con sustratos sólidos y en sistemas hidropónicos en agua. Las técnicas de producción en hidroponía se clasifican en función del medio de crecimiento en que se desarrolla el sistema radical de las plantas (Soberanis, 2017). Entre las técnicas de medio líquido se ubican a las técnicas en película nutritiva (NFT),

hidroponía en flotación y la aeroponía. En la actualidad existen algunas técnicas hidropónicas muy utilizadas en la producción de distintos productos agrícolas (Cajo, 2017).

### **Sistemas hidropónicos en agua**

Como método de cultivo sin suelo, el cultivo en agua, es el cultivo autentico de hidroponía (Chirinos & Herrera, 2018) menciona:

#### **Raíz flotante**

Este sistema es característico por proveer las condiciones ambientales necesarias que demandan las plantas para su buen crecimiento, además aporta a que el ciclo biológico de la planta disminuya, lo cual permite mejorar las cosechas con menor cantidad de tiempo, reduciendo así también la cantidad de mano de obra. Así mismo, es importante recalcar que con este sistema de cultivos hidropónicos no se necesita ningún tipo de sustrato, debido a que el sistema radicular permanece dentro del agua en todo momento para obtener los nutrientes que necesita para su desarrollo (Hahnemann, 1976).

Se deben utilizar contenedores una gran variedad de tipos de materiales los cuales no deben permitir el paso de luz hacia las raíces, por lo que se protegerá con una tapa que se encarga de sostener las plantas y que las mismas se mantengan en contacto con la solución nutritiva. Es importante recordar que, usando este sistema, se debe tomar en cuenta la aireación, porque el oxígeno indispensable para la parte radicular. La aireación se puede realizar de forma manual para producir movimiento del agua, utilizando cualquier objeto limpio. La aireación también puede ser de manera automática utilizando una bomba de aire para peceras y un timer que permite programar el tiempo de aireación (Lema, 2017).

#### **2.1.2.3. Solución nutritiva en hidroponía**

Las soluciones nutritivas como un grupo de compuestos y fórmulas que proveen los elementos necesarios disueltos en el agua, que las plantas necesitan para su crecimiento. Estudios realizados en fisiología vegetal indicaron que algunos elementos esenciales no son favorables para el desarrollo de la planta, partiendo de esta teoría se inició la combinación de compuestos, mismos que fueron evaluados para poder llegar a una solución, que hasta el día de hoy se siguen innovando para diferentes cultivos por la variación tanto genética como del medio ambiente (Duran, 2010). Pero es de importancia que la solución contenga los elementos necesarios, mismos que permitirán a la planta contar con un desarrollo adecuado

como son: Macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg) debido a los que se necesitan en mayores cantidades para su desarrollo, y los micronutrientes (Cl, B, Fe, Mn, Zn y Mo) que son elementos que la planta requiere en menor proporción. La solución hidropónica de Hoagland es una solución nutritiva que fue publicada por Hoagland y Arnon en 1938 y adecuada por Arnón en 1950; esta solución fue una de las que inicio con el desarrollo de plantas cultivadas sin suelo bajo sistemas hidropónicos; y, proporciona en su totalidad los nutrientes necesarios para el crecimiento de una gran variedad de especies de plantas; ha tenido varios cambios al pasar del tiempo con la finalidad de mejorar la efectividad agregando quelatos de hierro, manteniendo el pH y la conductividad eléctrica controlados (Wilkerson, 2015).

#### 2.1.2.4. Requerimientos de lechuga en hidroponía

Para la formulación de una solución hidropónica nutritiva es necesario una combinación adecuada acorde a las necesidades nutricionales y fisiológicas del cultivo a desarrollarse. Tal como lo indica la tabla 3.

**Tabla 3.** Composición de la solución nutritiva:

Tipo	Nombre	mg/l
Macronutrientes	Nitrato de Calcio	94
	Nitrato de Potasio	484
	Fosfato Monoamónico	62
	Sulfato de Magnesio	394
Micronutrientes	Hierro Quelatado	20
	Ácido Bórico	1.2
	Cloruro de Magnesio	0.72
	Sulfato de Zinc	0.09
	Sulfato de Cobre	0.04
	Molibdato disódico	0.01

CE (ppm) 1.1; pH 6

**Fuente:** Rodríguez. Centro de Investigación Hidropónica Universidad Agraria Nacional La Molina, 2003.

### **2.1.3. Propiedades generales de la solución nutritiva**

#### **2.1.3.1. Conductividad eléctrica y pH de la solución**

La conductividad eléctrica es un parámetro indicador del contenido total de sales totales en la solución nutritiva y es uno de los parámetros más eficaces para el manejo de la misma. Según el Centro de Investigación Hidropónica se debe llevar un registro con los datos, en los que se evalúe mínimo tres veces por semana, y la solución se deberá reemplazar cuando la conductividad eléctrica tenga un valor inferior a 1,5 mS/cm. (Sabada, 2007). Los diferentes componentes de los sustratos tienen capacidad de estabilizar el pH, lo cual nos indica que se requieren cambios en cuanto a la fertilización. El pH en la solución nutritiva será el mismo requerido por la parte radicular de la planta, que viene siendo entre 5.5 a 6.5, estos valores tendrán variaciones dependiendo del cultivo.

Para realizar ajustes al pH, se añaden a la solución un ácido o una base que puedan controlar o ajustar la relación de las fuentes de nitrógeno, es necesario mezclar el tiempo necesario al momento de añadir estos ácidos o bases; y, medir el pH para ir ajustando la solución. El nutrimento hidropónico debe ser monitoreado cada semana para determinar los valores reales, estos nos permitirán balancear mejor la solución nutritiva adaptándolas a las necesidades del cultivo. Cabe recalcar que la producción hidropónica permite controlar de manera precisa el pH y conductividad eléctrica de la solución nutritiva en comparación con los cultivos tradicionales, lo que permite optimizar el rendimiento y desarrollar agricultura de precisión (Mattson, 2016).

#### **2.1.3.2. Ventajas y desventajas de la hidroponía**

La hidroponía tiene muchas ventajas y desventajas si es comparada con la agricultura tradicional, es necesario conocer bien estos factores al momento de tomar decisiones con la finalidad que sean mejor analizadas al utilizar sistemas hidropónicos, es importante recalcar que la hidroponía cuenta con varias tecnologías lo que hace que variables sus ventajas y desventajas; aunque cabe recalcar que la particularidad más importante de los sistemas hidropónicos es que en ninguna de las etapas de desarrollo de las plantas se requiere del suelo como soporte o fuente de nutrientes del cultivo; la planta consume los nutrimentos únicamente del agua, donde se encuentran diluidos.

En la tabla 4 (Zárate, 2014), muestra las ventajas y desventajas que presenta esta técnica de cultivo.

**Tabla 4.** Principales ventajas y desventajas de un sistema hidropónico

Ventajas	Desventajas
No depende de fenómenos meteorológicos.	En cultivos comerciales, precisa tener conocimientos acerca de las especies que se siembran y de química inorgánica.
Permite cultivar la misma especie ciclo tras ciclo.	Inversión inicial relativamente alta.
Rinde varias cosechas al año.	Requiere mantenimiento y cuidado de las instalaciones, solución nutritiva, materiales.
Presenta buen drenaje.	
Mantiene el equilibrio entre aire, agua y nutrimentos.	
Mantiene la humedad uniforme y controlada.	
Ahorra en el consumo de agua y facilita el control de pH.	
Permite corregir deficiencias y excesos de fertilizante.	
Admite mayor densidad de población.	
Logra productos de mayor calidad.	
Rinde más por unidad de superficie.	
Acorta el tiempo para la cosecha.	
Reduce los costos de producción.	
Utiliza materiales nativos y de desecho.	
No requiere mano de obra calificada.	

**Fuente:** Zárate, M. Manual de Hidroponía. Universidad Nacional Autónoma de México, 2014.

#### **2.1.4. Sustancias minerales altamente diluidas**

Las SMAD's son tratamientos elaborados bajo los principios de la homeopatía, ley de la similitud, potenciaciones, dinamizaciones, diluciones infinitesimales. La homeopatía es una disciplina utilizada hace más de 200 años, estos medicamentos pueden ser de origen vegetal, mineral o animal. Tiene como inicio el postulado hipocrático de que “lo similar cura lo similar” usando dosis infinitesimales, estimulando el sistema de defensa del organismo contra las enfermedades (Espinoza, 2018). Sus principios básicos fueron planteados por primera vez por el médico -investigador de origen sajón Christian Friedrich Samuel Hahnemann (Meissen 1755 – París 1843) a fines del siglo XVIII, de ahí provienen las siglas CH para representar la concentración. Durante 16 años de cuidadosas investigaciones y experimentaciones. Su primera publicación ha sido considerada como la piedra angular de la homeopatía (Hahnemann, 1796).

El uso de la homeopatía en la agricultura se denomina “homeopatía agrícola” o agrohhomeopatía, a partir de este procedimiento es posible concordar en los procesos biológicos de la planta para estimular o influenciar su crecimiento (Moreno, 2009). La homeopatía tiene como base los principios: la ley de los semejantes, diluciones infinitesimales, potenciación y sucesiones, de ahí su expresión de sustancias minerales altamente diluidas.

Su principio básico es la ley de la similitud: esta teoría expresa que una planta, animal, mineral o sustancia causante de ciertos síntomas en un organismo completamente sano, al aplicarse en dosis homeopática o infinitesimales a un organismo enfermo mostrando los síntomas, se cura con diluciones y sucesiones: los procedimientos primordiales utilizados en la homeopatía, asiduamente las sustancias que son usadas en concentraciones elevadas o no diluidas muestran altos grados de toxicidad, de esta manera en la homeopatía es esencial diluirlas, las sucesiones son vibraciones energéticas o agitaciones a las que son sometidas las sustancias diluidas para separar sus átomos o partículas (Tichavsky, 2007).

Técnicas de potenciación o dinamización: en esta técnica es elaborada la tintura madre que es el producto de la maceración de un componente en alcohol, una vez que conseguimos la tintura se incorpora 1 ml de la misma en 99 partes de agua, esta mezcla es sometida a sucesiones obteniendo 1CH, de esta mezcla se toma 1 ml y se repite el procedimiento para como resultado obtener 2CH, así sucesivamente hasta conseguir la potencia adecuada, en

homeopatía la potencia es el indicador del número de diluciones y sucesiones a la que ha sido sometida la sustancia (Guerra, 2019).

#### **2.1.4.1. La homeopatía en la agricultura**

Se denomina homeopatía agrícola o agrohomeopatía al uso de la homeopatía en el sector agrícola e interpreta una alternativa viable para los agricultores de nuestro país y el mundo (Ruiz, 2018). Con el pasar del tiempo la homeopatía representa un amplio sistema de cultivo para la producción agrícola y pueden conformar a mediano plazo un sistema de producción fuerte debido a las múltiples investigaciones con una gran ventaja que realmente va aumentando: cada nueva investigación y descubrimiento puede realizarse inmediatamente por los agricultores y productores quienes podrían comprobar de manera práctica la rentabilidad de esta tecnología para el beneficio de ellos, los consumidores y el medio ambiente. Las plantas que son sometidas bajo el método homeopático son plantas sanas, una de las características que pueden aprovechar los consumidores, productores de esta manera influyendo de manera positiva (Tichavsky, 2007)

Las sustancias homeopáticas al igual que muchos plaguicidas naturales y los microbianos y establecen una alternativa en la protección de los cultivos de origen agrícola encaminados al cultivo de vegetales libres de pesticidas, al conservar los derechos del medio ambiente, sus recursos naturales y al mismo tiempo se reducen costos de producción. La implementación de la Agrohomeopatía nos brinda una alternativa de actualidad, tomando en cuenta el escaso conocimiento que existe a cerca de su utilización, por la alta compatibilidad de esta con las alternativas tecnológicas de la agricultura sostenible (Meneses, 2019).

Algunos de los beneficios que se puede obtener de las sustancias homeopáticas está en que es una alternativa que excluye los agroquímicos, es biorracional y orgánica lo que lo vuelve capaz de involucrarse en los procesos biológicos de las plantas para reducir el ciclo de crecimiento y estimular la floración temprana ya que se ha implementado el uso de productos homeopáticos (Meneses, 2017).

#### **2.1.4.2. Sustancias homeopáticas**

- ***Silicea terra:*** Este medicamento es de gran importancia en la agrohomeopatía por lo que al gran espectro de síntomas que incluye. dirige los procesos de asimilación, influye de manera precisa en la epidermis, actúa en los más diversos

tejidos vegetales, domina la nutrición en general controla a los principales problemas en la célula por ejemplo la desmineralización. Este método es utilizado en plantas de lento crecimiento, ataques de mildius u otros hongos. Plantas raquíticas. Interrupciones del crecimiento. Atraso en la producción (Tichavsky, 2007).

- ***Phosphoricum acidum***: El ácido orto fosfórico, a veces llamado sólo ácido fosfórico es un compuesto químico de fórmula  $H_3PO_4$ . El anión asociado con el ácido fosfórico se llama ion fosfato, muy importante en la biología, especialmente en los compuestos derivados de los azúcares fosforilados, como el ADN, el ARN y la adenosina trifosfato (ATP) (Cotton, 2006). El ácido es muy útil en el laboratorio por su resistencia a la oxidación, a la reducción y a la evaporación (Curantur, 2017)
- ***Zincum phosphoricum***: Esta sustancia homeopática *Zincum phosphoricum* presenta el primer registro para su utilización en la agricultura (agrohomeopatía). El componente de esta sustancia que en efecto es, fosfato de zinc y que sirve para la irritabilidad nerviosa y los dolores humanos. Cabe agregar que en veterinaria se explica la aplicación del medicamento en especies de caballos, cerdos y ganado (Parvathi, 2019).
- ***Natrum muriaticum***: Es un policresto ampliamente utilizado en la agrohomeopatía para combatir una gran cantidad de síntomas. Se obtiene a partir de la sal de marina. Regula la inhibición en agua del protoplasma y los núcleos celulares, permite asimilar, regular y conservar el contenido de otras sales. Se relaciona generalmente con la pérdida de líquidos orgánicos y con el consumo de agua, con el mantenimiento del equilibrio osmótico de los líquidos orgánicos (Tichavsky, 2007).

Los productos homeopáticos para la agricultura son elaborados a base de sales minerales, de esta manera cada tratamiento se individualiza o se adapta a cada cultivo o ciclo vegetativo. La homeopatía utiliza un sistema de interacción entre planta y sales minerales y/o nutrientes para una mejor absorción de los mismos, lo cual representa una mejor productividad y rentabilidad en los productos agrícolas.

## 2.2. Marco referencial

La propuesta de la Agrohomeopatía surge en México, debido a la necesidad de mejorar la agricultura excluyendo agroquímicos como fertilizantes sintéticos, pesticidas, aditivos, entre otros; dentro de los primeros trabajos realizados con el método homeopático en plantas se encuentra Rudolf Steiner, quien realizó pruebas biológicas con el objetivo de demostrar el efecto de estas sustancias; así, se inician una serie de experimentos en esta área (Kolisko, 1939).

En un estudio realizado en Honduras, en el que se determinaron los efectos de la producción de lechuga bajo condiciones controladas en sistemas hidropónicos y en condiciones convencionales. Cárdenas, (2004); menciona que para tener éxito en la producción hidropónica es necesario tener conocimientos agronómicos, climáticos, control de plagas y enfermedades y manejo de la solución nutritiva. El objetivo de su estudio fue implementar sistemas de producción hidropónica y diseñar un sistema de fertilización de operatividad adecuada, para lo cual realizó un ensayo de dos variedades de lechuga y cuatro concentraciones de solución nutritiva para evaluar la respuesta de las plantas en aquellas condiciones.

Se reconocieron puntos críticos de producción como: oxigenación y altas temperaturas, composición y reposición de la solución. Se determinó que la variedad Vulcán es más tolerante a la salinidad que la variedad Verónica. Además, el medio de crecimiento Sunshine mix generó plantas de mayor altura (11.2 cm) y longitud de raíz (11 cm) que los medios de arena y Zamorano (5 partes de compost, 4 partes de casulla de arroz, 1 parte de arena) y resistieron mejor el cambio a hidroponía, ya que el porcentaje de daño por salinidad fue menor. Además, las plantas en hidroponía fueron más eficientes en el consumo de agua (6.2 L/ha/ciclo) que en el suelo (22 L/ha/ciclo). El consumo de nutrientes en el sistema hidropónico fue mejor que el sistema convencional con un 77% en nitrógeno, 80% en el fósforo, 60% en potasio, 76% en calcio, 70% en magnesio y 50% en hierro (Cárdenas, 2004). Por otro lado, Carranza (2003), desarrolló el análisis económico y estrategia de comercialización de “Lechuga” hidropónica en tuberías de pvc en las Islas Galápagos, su objetivo de estudio fue evaluar la rentabilidad económica y una estrategia de comercialización de productos hidropónicos en las Islas Galápagos. La metodología para conocer la rentabilidad consistió en la elaboración de una estructura de costos, mediante la información técnica obtenida en El Salvador, la cual se adaptó a las condiciones de las Islas, para luego realizar un flujo de caja proyectado para la producción de 20 camas de lechugas

hidropónicas, analizando sus índices principales de rentabilidad. Para la estrategia de comercialización, fue prioritario conocer el mercado, por lo que se recopiló y se analizó información, así como también se realizó un análisis situacional de la agricultura en la Isla de Santa Cruz. Se construyó una estrategia de comercialización que proporcionará las ventajas para un rápido crecimiento. Se determinó una inversión inicial de \$22,207, el margen de contribución unitario es de \$0.30, así mismo, ayudará a la reducción de costos de promoción por la ayuda de las instituciones que muestran beneficios mutuos al enfoque del proyecto a lanzar. Mediante este análisis y estrategia a lanzar, se ha concluido que el proyecto es rentable y accesible a un mercado creciente y remunerado.

Según Rodríguez-Álvarez, (2020); la medicina homeopática es ecológica y orgánica y puede atenuar el estrés salino mejorando la relación de la planta con el suelo, incluso en la agricultura tradicional. El chile chiltepín (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) es una especie de alto valor comercial en el norte de México y es afectado por la salinidad del suelo, el objetivo de su estudio fue evaluar la capacidad del medicamento homeopático de uso humano *Natrum muriaticum* (NaM) para mitigar el estrés por NaCl en chile chiltepín establecido en un sistema hidropónico y sometido a diferentes concentraciones de NaCl, para el cual aplicó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial (2A × 3B) y cuatro repeticiones de nueve plantas cada una. Se evaluó longitud, peso fresco y seco de parte aérea y de raíz, área foliar, clorofila a, b y total, contenido relativo de agua y potencial hídrico. En general, las plantas tratadas con NaM-13CH mostraron los valores mayores para la mayoría de las variables morfométricas y fisiológicas evaluadas, incluso las plantas sometidas a elevado estrés salino (200 mM) por adición de NaCl; sus resultados confirman que NaM atenúa el estrés por NaCl en plantas de chile chiltepín (*C. annuum* L. var. *glabriusculum*) y que la homeopatía agrícola tiene potencial para incrementar productividad y rendimientos en el cultivo hidropónico de la especie.

Por otra parte, Guerra (2019), realizó una investigación en la que su objetivo era mejorar el desarrollo de cultivos de lechuga mediante la aplicación de sustancias homeopáticas, para el desarrollo de su investigación utilizó el diseño completamente al azar con 4 tratamientos y un testigo en 3 repeticiones. Las sustancias evaluadas fueron: *Silicea terra* y *Phosphoricum acidum* en diluciones de: 7CH y 31CH, cuyas interacciones se compararon con un testigo. Como resultado de su investigación pudo observar que con las interacciones 7 CH de *Silicea terra* y 7 CH de *Phosphoricum acidum* se obtuvieron resultados positivos en germinación alcanzando un porcentaje de germinación del 100% en relación al control que solo alcanzó el 80%, 31 CH de *Silicea terra* obtuvo un mejor porcentaje de germinación en la etapa de

emergencia con él 90% en relación al control que alcanzó el 71%. En la etapa de desarrollo vegetativo 7 CH de *Phosphoricum acidum* influyó positivamente en todas las variables superando al testigo. Se concluyó que las sustancias homeopáticas *Phosphoricum acidum* y *Silicea terra* ejercieron efectos positivos durante las distintas etapas de desarrollo del cultivo de lechuga y en dependencia de las diluciones utilizadas.

Así mismo, Ponce (2017), desarrollo una investigación para evaluar el efecto de diferentes tratamientos homeopáticos en plantas de tomate en condiciones controladas, determinó, que la aplicación de los medicamentos homeopáticos en la germinación de la semilla de tomate hubo una mejora considerable en todas sus características demostrando efectividad a concentraciones bajas tanto el tratamiento homeopático *Silícea Terra* 6C y *Natrum muriaticum* 12C la cual estos ejercieron un rol importante desde su porcentaje y tasa germinación hasta su biomasa seca total el efecto de *Silícea Terra* 30C generó un efecto positivo en la emergencia de plántulas de tomate, mejorando la altura de planta, como en peso de biomasa fresca aérea, biomasa fresca raíz, biomasa seca aérea. Se identificó que dentro de los productos homeopáticos la mejor disolución fue tanto para etapa de germinación *Natrum muriaticum* 6C y 12C mientras que en la etapa de emergencia la mejor disolución fue *Silícea Terra* 30C en plantas de tomate.

**CAPÍTULO III**

**MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### 3.1. Localización de la investigación

Debido a la emergencia sanitaria y el confinamiento por Covid-19 la investigación se realizó en los predios de la propiedad privada ubicada en la ciudad de Quevedo, Parroquia 7 de octubre calle Sexta entre calles A y B con coordenadas 1°02'33.25" de latitud Sur y 79°28'34.92 longitud por el oeste, altitud 74 msnm. La propiedad se encuentra en una zona climática tropical húmeda, su temperatura media anual es de 25.4°C, precipitación media anual 2613 mm; humedad relativa 87% y 890.7 horas luz por año (INAMHI, 2018).

### 3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación fue exploratoria, esta investigación se suele realizar cuando el problema se encuentra en una etapa preliminar. A menudo se lo conoce como enfoque de teoría fundamentada o investigación interpretativa, ya que se usa para responder preguntas como ¿qué?, ¿por qué? y ¿cómo?

El trabajo de investigación se llevó a cabo para comprender mejor el problema existente, aunque no proporciona resultados concluyentes. Para ese tipo de investigación, se genera una idea general y se usa esta investigación como un medio para identificar problemas, que pueden ser el motivo de futuras investigaciones. En este caso, se analizaron todos los pormenores generados en el desarrollo de las plantas de lechuga bajo sistemas hidropónicos bajo condiciones semicontroladas y así identificar los resultados de la aplicación de las SMADs.

### 3.3. Método de investigación

**Método de observación:** fue aplicado al proceso de evaluación de las plantas de lechuga en sistemas hidropónicos bajo condiciones semicontroladas en invernadero, en el seguimiento de la aplicación de sustancias para control del desarrollo de las mismas. En este caso, el investigador decide dónde tendrá lugar la observación, a qué hora, con qué participantes, en qué circunstancias y utiliza un procedimiento estandarizado. Los participantes se asignan al azar a cada grupo de variables independientes.

**Método inductivo:** El razonamiento inductivo pasa de observaciones específicas a generalizaciones amplias. Cuando existe poca o ninguna literatura existente sobre un tema, es común realizar una investigación inductiva porque no hay una teoría para probar.

**Método deductivo:** Durante el proceso de estudio teórico y científico, se utiliza el razonamiento deductivo para llegar a una conclusión lógica verdadera. También se utiliza otro tipo de razonamiento, el inductivo.

**Método analítico:** es un proceso genérico que combinó el método científico con el uso de procesos formales para resolver el problema. El uso del método analítico es fundamental para resolver el problema de la sostenibilidad porque parece que los procesos actuales son inadecuados. Son intuitivos, simples y se basan en cómo los activistas abordan los problemas cotidianos.

### **3.4. Fuentes de recopilación de información**

Para la recopilación de la información se utilizaron fuentes primarias a través de la observación directa y secundaria tales como: libros, artículos de revistas científicas, boletines divulgativos, censos, folletos, etc.

### **3.5. Diseño de la investigación**

El diseño de investigación fue mediante el método experimental, en la cual se evaluaron plantas de lechuga en un invernadero, bajo sistema hidropónico y la aplicación de sustancias minerales ultra diluidas. Aplicando variables de respuesta y delimitando el factor de estudio. La investigación experimental se lleva a cabo cuando se desea rastrear relaciones de causa y efecto entre variables definidas. Sin embargo, existen limitaciones importantes sobre la inferencia causal en la investigación experimental, y el tipo de diseño experimental elegido tiene una influencia significativa en las inferencias que pueden extraerse válidamente de los resultados del experimento.

### **3.6. Instrumentos de investigación**

Los instrumentos utilizados para el desarrollo del estudio del presente proyecto de investigación fueron:

**Matriz de observación:** La investigación observacional permite al investigador ver qué hacen realmente sus sujetos cuando se enfrentan a diversas elecciones o situaciones. Los resultados fueron de naturaleza tanto cualitativa como cuantitativa, lo que permitió obtener un resultado no solo numérico, sino visual.

### **3.7. Tratamiento de los datos**

Los datos observados fueron analizados de la siguiente manera:

#### **3.7.1. Factores a probar**

En el presente trabajo de investigación se utilizarán como factor en estudio dos sustancias minerales altamente diluidas en una dilución de 13 CH, mezcladas con la solución hidropónica, para establecer el cultivo de lechuga.

#### **Material genético**

Se utilizaron semillas de lechuga certificadas de la variedad “Salad Bowl”.

##### **3.7.1.1. Soluciones Homeopáticas**

Las sustancias homeopáticas *Silicea Terra* y *Natrum Muriaticum* se obtuvieron de la Farmacia Homeopática Nacional (FHN) ubicada en México, en concentración 12CH, la cual deberá someterse a un proceso de potencialización (dilución y sucusión) que consiste en tomar 1mL de la solución madre en 99mL de H<sub>2</sub>O estéril, para llevarla a dinamización de 13CH realizaron sucusiones energéticas, las cuales se emplearon en la investigación, misma que se utilizó en el experimento.

##### **3.7.1.2. Solución nutritiva**

Para el presente trabajo de investigación se utilizó la solución original concentrada de Hoagland & Arnon (1950), solución en la que los nutrientes se pesaron cada uno en una balanza digital, posteriormente en un recipiente de vidrio oscuro se colocaron las porciones formando así las diferentes soluciones madre, mismas que se encuentran en la composición de las soluciones del trabajo.

Las soluciones madre se detallan a continuación en la que los números de ml se refieren a 5 litros de soluciones finales y S.M. se identifica como las soluciones madre, ya que en las diferentes fases fenológicas de las plantas de lechuga hidropónica son sensibles a la solución concentrada, por lo que es necesario que sea utilizada en las unidades experimentales una solución diluida con los requerimientos nutricionales específicos para evitar daños fisiológicos en el cultivo como lo indica la tabla 5.

**Tabla 5.** Solución Nutritiva diluida para regar las unidades experimentales.

Nutrientes	S.M (g/ 1000 ml) **	Concentración OBS (en 5000ml) *
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	136.09	5
KNO <sub>3</sub>	101.11	25
Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 5H <sub>2</sub> O	236.16	25
KCl	74.56	5
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	80.04	5
Micronutrientes	4.83	5
Fe EDTA	33.2	5

OBS: De las soluciones madre, retirar la cantidad a ser regada\*.

S.M.: solución madre \*\*

**Fuente:** solución nutritiva de Hoagland & Arnon (1950).

La solución nutritiva de Hoagland & Arnon (1950) a regar en las unidades experimentales está constituida por macro y micronutrientes, es la formulación mas aceptada y empleada por los productores de diferentes cultivos en medios hidropónicos debido a que suministra todos los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas y además es apta para una amplia gama de especies de plantas, especialmente hortícolas.

### 3.7.2. Diseño del Experimento

Para el diseño experimental de la investigación, se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con tres tratamientos y un grupo control en tres repeticiones (Tabla 6). Todos los tratamientos se evaluaron en una dilución 13CH y fueron mezclados con la solución nutritiva de Hoagland y Arnon (1950).

**Tabla 6.** Tratamientos y grupo control para evaluar el efecto de SMADs en cultivos hidropónicos de lechuga.

Tratamiento	Descripción
T1	<i>Silicea Terra</i>
T2	<i>Natrum Muriaticum</i>
T3	<i>Silicea terra + Natrum Muriaticum</i>
T4	Control: Solución hidropónica sin SMAD's

**Elaboración:** Autora

Las unidades experimentales consistieron en Kits hidropónicos comerciales con capacidad de 5 litros y espacio para 6 plantas, tal como se especifican en la figura 1.



**Figura 1** Sistema hidropónico: kit comercial marca Freehawk para cultivo con bomba de aire, capacidad para seis plantas.

### 3.7.3. Procesamiento y análisis de la información

La información se procesó en el programa estadístico InfoStat, los datos obtenidos de las variables evaluadas de cada tratamiento fueron sometido a las pruebas de ANOVA (Tabla 7) y pruebas de rango múltiple de Tukey con nivel de significancia del 0.05%. Previamente al análisis de varianza (ANOVA) los datos se sometieron a pruebas de normalidad y homogeneidad de varianza.

**Tabla 7.** Esquema de análisis de varianza.

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Tratamientos	3
Error experimental	8
<b>Total</b>	<b>11</b>

**Elaboración:** Autora

### 3.7.4. Manejo del experimento

El T1, constituyó en incluir la solución ultradiluida *Silicea Terra* en una concentración de 13CH más la solución nutritiva estándar para cultivo de lechuga en hidroponía; mientras que el T2 incluye la solución ultradiluida *Natrum Muriaticum* en una concentración de 13CH más la solución nutritiva estándar para cultivo de lechuga en hidroponía; el T3 estuvo constituido por las soluciones minerales altamente diluidas *Silicea Terra* y *Natrum Muriaticum* en concentración 13CH más la solución nutritiva estándar para cultivo de lechuga en hidroponía; y, el T4, o control que contiene la solución nutritiva estándar para cultivo de lechuga en hidroponía.

#### 3.7.4.1. Germinación

Se sumergieron las semillas en las SMADs durante 45 minutos. Posteriormente, usando una gasa húmeda de algodón, se envolvieron las semillas y se colocaron en cajas Petri, su germinación fue dentro de los 22 a 26 grados centígrados, cubiertas de la luz (anexo 1). Las semillas germinadas se utilizaron para la siembra y continuación del experimento.

### **3.7.4.2. Emergencia**

Se utilizó una esponja fabricada con espuma de poliuretano para plantar en las soluciones y posteriormente se exprimió el aire en la esponja, luego se la remojó durante aproximadamente 2 horas en los tratamientos. Se colocaron las semillas germinadas a una profundidad de 3mm en la esponja contenedora (anexo 3).

### **3.7.4.3. Desarrollo vegetativo**

Los nutrientes se pesaron en una balanza analítica, para luego ser agregados en un recipiente de vidrio oscuro, para agregar un litro de agua de lo que resultaron las soluciones madre. En las unidades experimentales se introdujeron 5 litros de las soluciones nutritivas, mezcladas con los diferentes tratamientos de SMADs. Cada unidad experimental contiene seis orificios en los que fueron sembradas las semillas de lechuga previamente germinadas. Para la instalación de los kits hidropónicos se siguió las indicaciones según el fabricante (Anexo 4).

## **3.7.5. Parámetros de la calidad del agua**

### **3.7.5.1. Características físico-químicas y nutricionales**

Se enviaron 100gr de muestra de tejido foliar y radicular, donde se evaluó: análisis de tejido 1 (N+P+K+Ca+Mg), el cual nos proporcionó valores de macronutrientes bajo las normas establecidas por el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria INIAP en la estación Pichilingue, para el correspondiente análisis nutricional. Dichos resultados fueron evaluados de manera comparativa, resaltando los valores máximos y mínimos de macro y micronutrientes presente en el tejido de lechuga (Anexo 9). También se relacionaron las variables físicoquímicas (pH, conductividad eléctrica y temperatura), con la finalidad de explicar el efecto de los tratamientos sobre el desarrollo de las plantas de lechuga bajo un cultivo hidropónico.

### **3.7.5.2. Características microbiológicas**

Se realizaron muestreos de la solución nutritiva para determinar la carga bacteriana mediante conteo directo de UFC (anexo 7). Para esto, del medio nutritivo se tomó 1 ml de cada tratamiento. Para ambas muestras, se efectuaron diluciones seriadas para luego en una cabina de flujo laminar, utilizando caja Petri con medio de cultivo Trypticaseína Soya Agar (TSA) se realizó la siembra, utilizando técnicas microbiológicas rutinarias para el recuento de UFC (Reynoso et al., 2015).

### **3.7.6. Variables a evaluar**

#### **3.7.6.1. Porcentaje de germinación (%)**

Se evaluó la cantidad de semillas germinadas (se considerarán germinadas cuando el embrión se hinche y la cubierta de la semilla se rompa) en relación con las sembradas mediante una fórmula matemática:

$$\%G = \frac{\text{No. Semillas germinadas en el ultimo conteo}}{\text{No. de semillas sembradas}} * 100$$

#### **3.7.6.2. Tasa de crecimiento en emergencia (%)**

Se evaluó la relación entre plantas sembradas y plantas emergidas, mediante fórmula matemática:

$$\%E = \frac{\text{No. plántulas emergida en el ultimo conteo}}{\text{No. de semillas sembradas}} * 100$$

#### **3.7.6.3. Desarrollo vegetativo (cm)**

Todos los recipientes de red junto con las plántulas fueron utilizados para la evaluación de emergencia colocándolos en los orificios de la tapa del recipiente hidropónico plástico y se preparó una solución de nutrientes diferente según las plantas y tratamientos. Las sustancias minerales altamente diluidas serán colocadas en los tratamientos correspondientes en concentración de 1%.

Las cajas de siembra se colocaron en un espacio con ambiente controlado, aproximadamente 15 semanas, se cosechó en las semanas 9 según corresponde al crecimiento de las plantas.

##### **3.7.6.3.1. Longitud de radícula (cm)**

Se midió la longitud de la radícula de las seis plántulas por repetición, empleando para ello una regla graduada, tomando en cuenta desde la base del tallo donde inician los pelos radicales de la plántula correspondiente hasta la parte terminal de la raíz principal. Esta medida se la expresó en centímetros (anexo 6).

##### **3.7.6.3.2. Altura de planta (cm)**

La altura se midió con una regla convencional al momento de la cosecha, desde el ápice de la planta hasta la cofia de la raíz. Estos datos fueron expresados en centímetros.

#### **3.7.6.3.3. Número de hojas (unidad)**

Se contabilizó la cantidad de hojas por planta seleccionada.

#### **3.7.6.3.4. Ancho de la hoja (cm)**

Se tomaron muestras de hojas de la parte media de la planta de forma aleatoria, se midió la parte media de la hoja de manera horizontal.

#### **3.7.6.3.5. Longitud de hoja (cm)**

Se determinó la longitud seleccionando hojas de la zona media de la planta con una respectiva regla convencional para la realización de la debida toma de datos a los 90 días después de haber trasplantado las plántulas de lechuga, este dato será expresado en centímetros.

#### **3.7.6.4. Peso fresco (g)**

Este dato se tomó a todas las plantas de las unidades experimentales en estudio, poniendo cada planta por unidad en una balanza electrónica expresando todos los resultados en gramos.

#### **3.7.6.5. Peso seco (g)**

Se determinó el peso seco a todas las plantas de las unidades experimentales en estudio, luego de ser secadas en una estufa a 110°C de temperatura hasta que el peso seco sea constante.

### **3.8. Recursos humanos y materiales**

#### **3.8.1. Material Vegetal**

- Se utilizaron semillas de lechuga certificadas de la variedad “Salad Bowl”.

#### **3.8.2. Materiales de laboratorio**

- Vaso de precipitación de 1000 ml
- Agitador magnético
- Botella color ámbar de 1000 ml

- Cajas de Petri
- Asas bacteriológicas
- Parafilm
- Papel absorbente

### **3.8.3. Equipos de laboratorio**

- Agitador - calentador
- Balanza analítica
- Estufa
- Kit hidropónico
- Cabina de flujo laminar
- Incubadora
- Medidor de pH
- Medidor de conductividad eléctrica
- Contador de colonias

### **3.8.4. Reactivos y Solventes**

- Solución nutritiva hidropónica
- Medio de cultivo sólido (TSA)
- Agua destilada

### **3.8.5. Materiales de oficina**

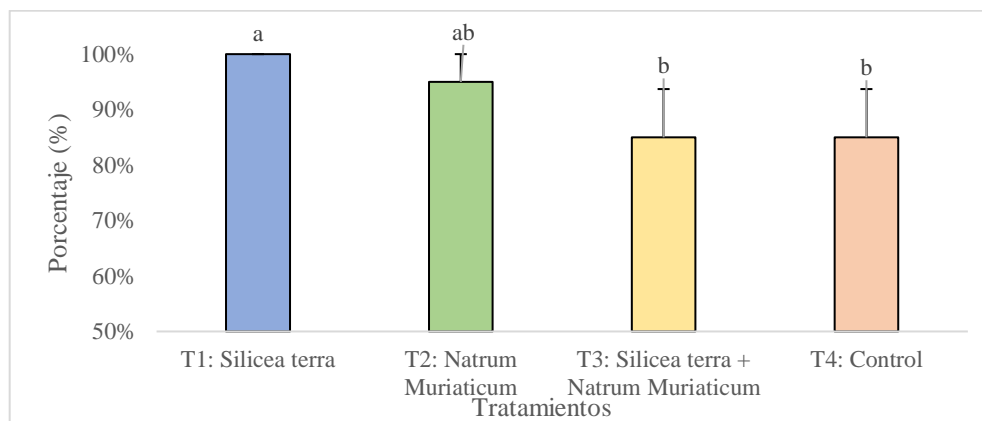
- Regla
- Calibrador de Vernier
- Cámara fotográfica
- Resma de papel
- Lapicero
- Cuaderno

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 4.1. Resultados

### 4.1.1. Porcentaje de germinación

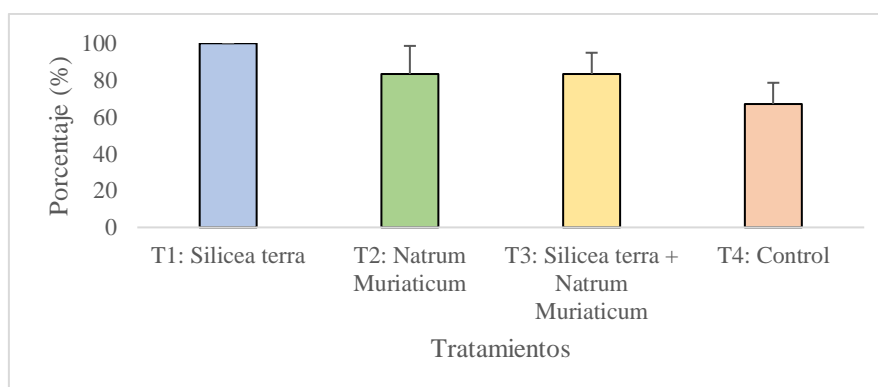
El porcentaje de germinación de las semillas se evaluó por cinco días después de haber sido sembrado en cajas Petri, se observó que el T1 fue superior a los demás obteniendo un 100% de semillas germinadas, por su parte el T3 y el tratamiento control obtuvieron los valores de germinación más bajos con un promedio de 85 % (Figura 2).



**Figura 2** Evaluación del efecto de las SMADs, en soluciones 13C, en porcentaje de germinación de la lechuga establecidos en un sistema de cultivo hidropónico.

### 4.1.2. Tasa de crecimiento en emergencia

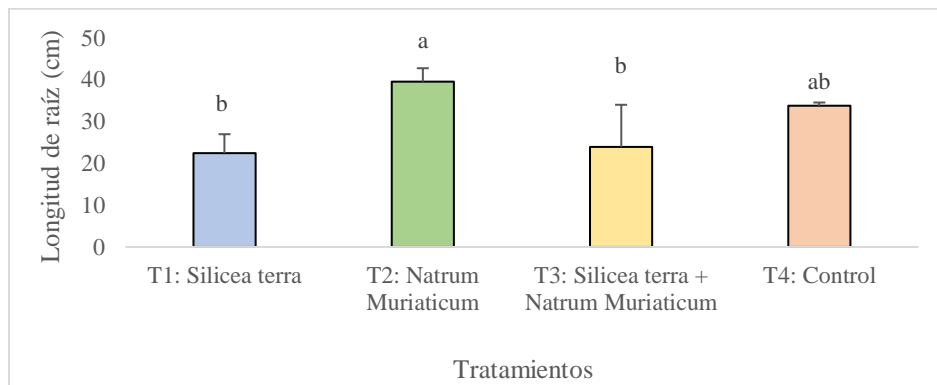
La evaluación del porcentaje de emergencia de las semillas de lechuga tras 5 días después de la siembra no presentó diferencias significativas. El T1 logró alcanzar el 100 % de semillas germinadas, mientras que el tratamiento control presentó un 67% de semillas emergidas (Figura 3).



**Figura 3.** Evaluación del efecto de las SMADs, en soluciones 13C, en tasa de crecimiento en emergencia de la lechuga establecidos en un sistema de cultivo hidropónico.

### 4.1.3. Longitud de la raíz

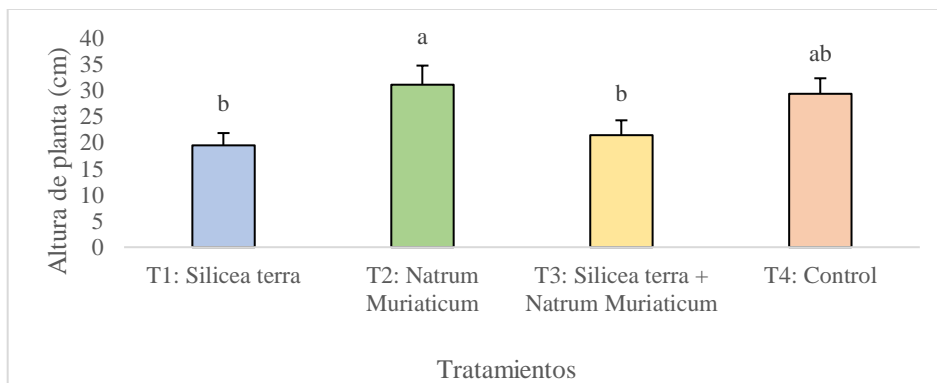
Se muestra la evaluación respecto a la longitud de la raíz, tras ser sometidos al análisis estadístico se observan diferencias significativas entre los tratamientos sometidos con las SMADs, el coeficiente de variación es 17.11%. El mejor efecto se observa en el T2, el cual obtuvo un promedio de 39.56 cm, por otro lado, el T3 y T1 presentaron el promedio más bajo con 23.94 y 22.45 cm de longitud de hoja, respectivamente (Figura 4).



**Figura 4.** Evaluación del efecto de las SMADs, en soluciones 13C, en longitud de la raíz de la lechuga establecidos en un sistema de cultivo hidropónico.

### 4.1.4. Altura de planta de lechuga

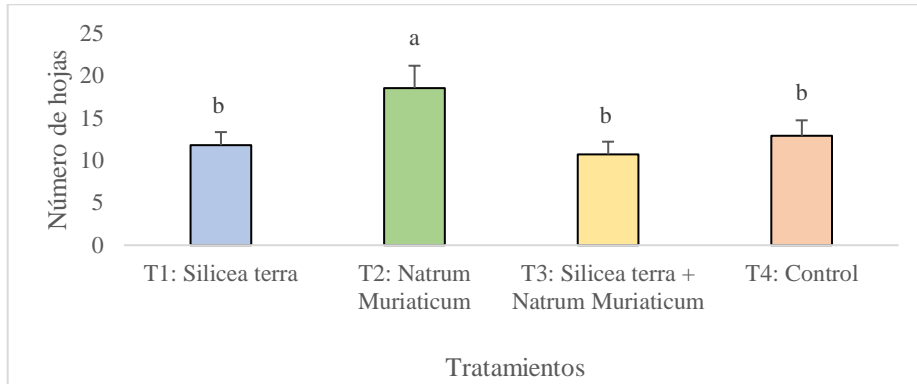
La variable altura de planta muestra diferencias significativas y estadísticas entre los tratamientos, su coeficiente de variación es de 12.28%. El T2, resultó superior a los demás tratamientos, logrando obtener un promedio de 31.11 cm de altura de planta, a su vez el T1, presenta el más bajo de los promedios con 19.5 cm de altura de planta, el T4 obtuvo un promedio de 29.37 cm (Figura 5).



**Figura 5.** Evaluación del efecto de las SMADs, en soluciones 13C, en la altura de planta de lechuga establecidos en un sistema de cultivo.

#### 4.1.5. Número de hojas de lechuga

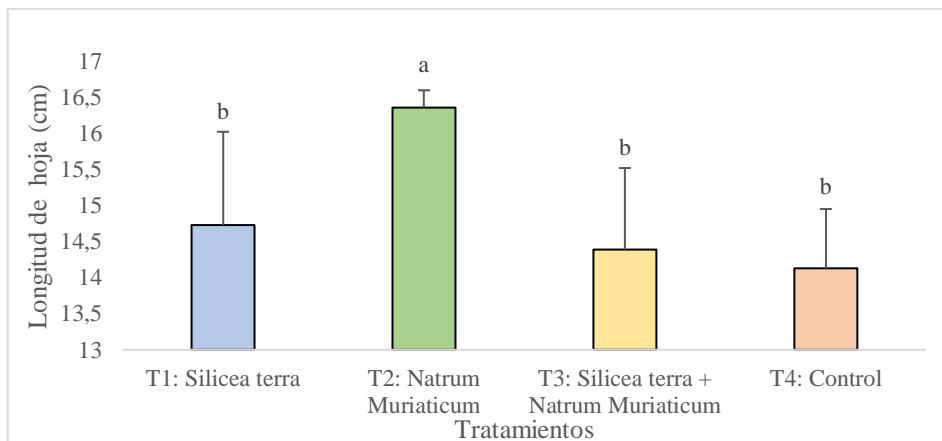
Los diferentes tratamientos aplicados con las SMADs en diluciones 13 CH muestran diferencias significativa y estadísticas entre sí, el coeficiente de variación para esta variable es de 14.89%. El T2 resulto superior a los demás, con un promedio de 18.56 hojas por planta, el tratamiento cuyo promedio de 10.73 hojas, el más bajo de todos fue el T3 (Figura 6).



**Figura 6.** Evaluación del efecto de las SMADs, en soluciones 13C, en número de hojas de lechuga establecidos en un sistema de cultivo hidropónico.

#### 4.1.6. Longitud de hoja

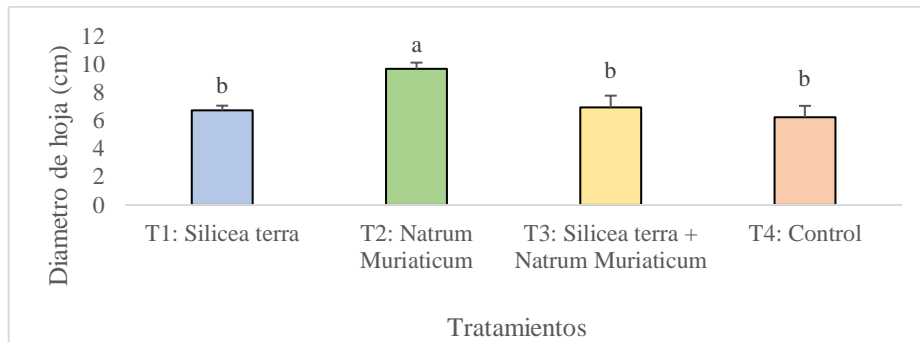
Se muestra la evaluación respecto a la longitud de hoja, tras ser sometidos al análisis estadístico se observan diferencias significativas entre los tratamientos sometidos con las SMADs, el coeficiente de variación es de 4.7%. El mejor efecto se observa en el T2, el cual obtuvo un promedio superior de 16.36 cm, por otro lado, el T3 y T4 presentaron el promedio más bajo con 14.39 y 14.13 cm de longitud de hoja, respectivamente (Figura 7).



**Figura 7.** Evaluación del efecto de las SMADs, en soluciones 13C, en la longitud de hoja de lechuga establecidos en un sistema de cultivo hidropónico.

#### 4.1.7. Diámetro de la hoja

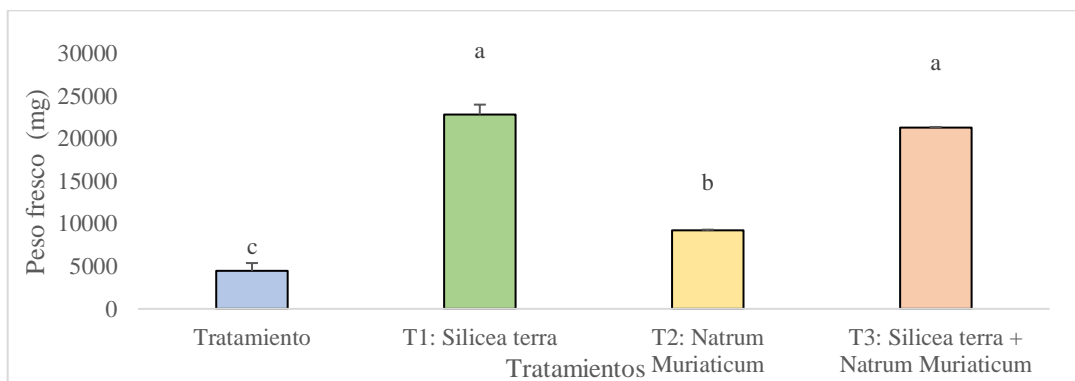
El uso de las SMADs en el cultivo de lechuga bajo sistema hidropónico, en la variable diámetro de hoja muestra diferencias significativas y estadísticas, según el análisis de la variancia el coeficiente de variación es 12.39%. El T2 fue superior entre los demás, logrando una media de 9.67 cm de diámetro de hoja, por su lado el T1 logro obtener una media de 6.72 cm, mientras que el T4 obtuvo un promedio de 6.23 cm de diámetro de hoja siendo los más bajos de todos los tratamientos efectuados (Figura 8).



**Figura 8.** Evaluación del efecto de las SMADs, en soluciones 13C, en el diámetro de hoja de lechuga establecidos en un sistema de cultivo hidropónico.

#### 4.1.8. Peso fresco parte aérea de la planta

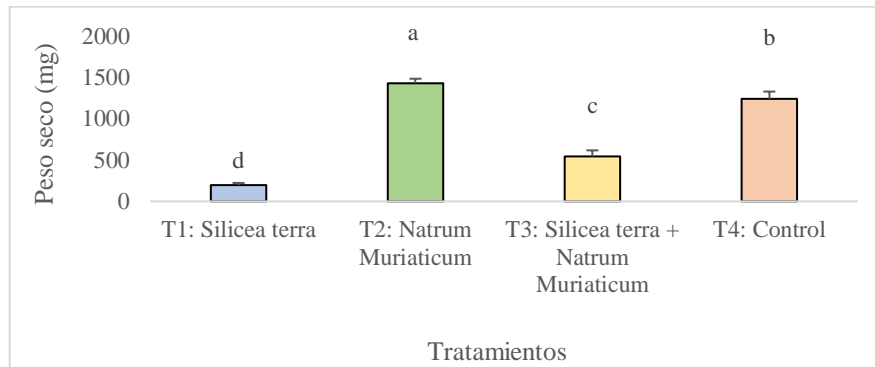
Respecto al peso fresco de la parte aérea de la planta se observa que existen diferencias significativas y estadísticas entre los tratamientos, el análisis de la variancia arroja un coeficiente de variación de 5.15% para esta variable. El tratamiento que logro el mejor promedio es el T2, con una media de 22817 mg, el que menor promedio alcanzo fue el T1, con una media de 4465 mg de peso fresco de la parte aérea (Figura 9).



**Figura 9.** Evaluación del efecto de las SMADs, en soluciones 13C, en el peso fresco de la lechuga establecidos en un sistema de cultivo hidropónico.

#### 4.1.9. Peso seco parte aérea de la planta

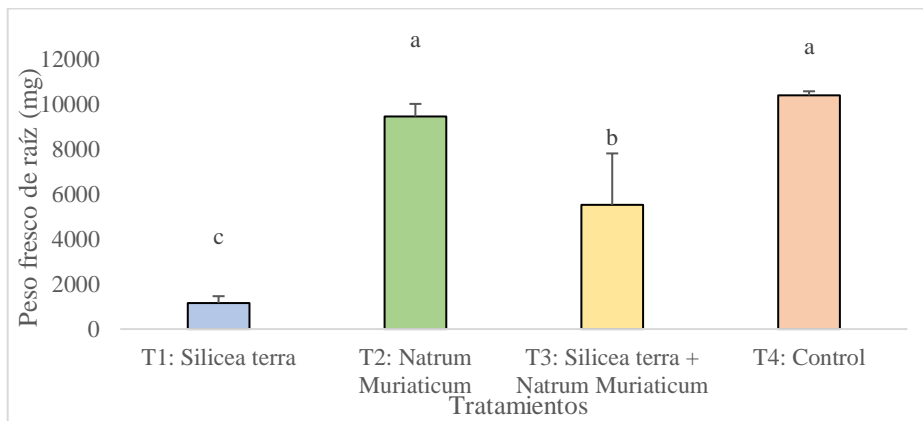
El uso de las SMADs en la concentración 13 CH en un sistema de crecimiento hidropónico arrojó diferencias significativas y estadísticas respecto a la variable peso seco de la parte aérea, con un coeficiente de variación de 7.61%. El T2 logro alcanzar el promedio más alto respecto a esta variable con 1428.5 mg, seguido por el T4 alcanzo un promedio de 1240.12 mg y el T1 alcanzo el promedio más bajo a los demás con un promedio de 196.72 mg de peso seco de la parte aérea, (Figura 10).



**Figura 10.** Evaluación del efecto de las SMADs, en soluciones 13C, en el peso seco de la lechuga establecidos en un sistema de cultivo hidropónico.

#### 4.1.10. Peso fresco de la raíz de la planta

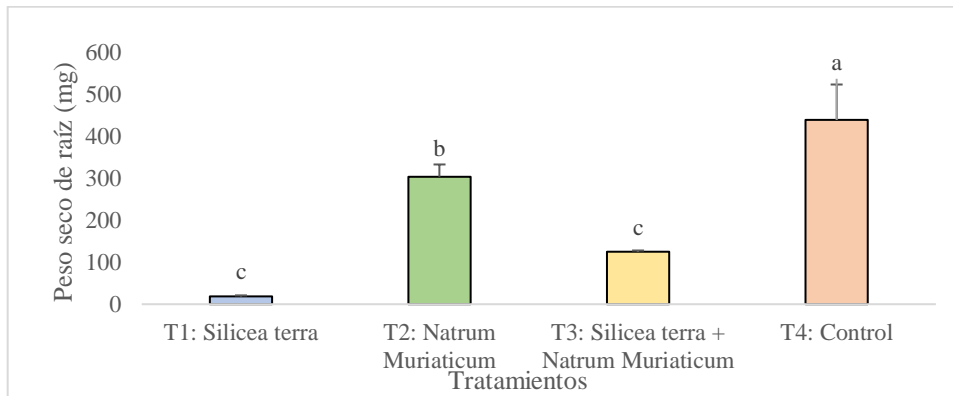
La variable peso fresco de la raíz presenta diferencias significativas y estadísticas entre los tratamientos, el coeficiente de variación es 17.95%. De todos los tratamientos que mejor promedio obtuvieron fue el T2, dicha media fue de 941.67 mg y el T4 con una media de 10380 mg peso fresco de raíz, mientras que el que menor promedio logro fue le T1 con una media de 1155 mg, (Figura 11).



**Figura 11.** Evaluación del efecto de las SMADs, en soluciones 13C, en el peso fresco de raíz de lechuga establecidos en un sistema de cultivo hidropónico.

#### 4.1.11. Peso seco de la raíz de la planta

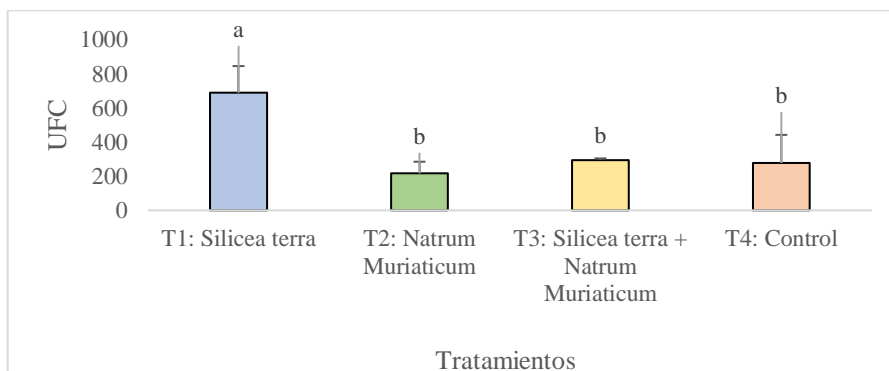
Tras la aplicación de las SMADs en un sistema de cultivo hidropónico, el análisis del peso seco de la raíz muestra diferencias significativas y estadísticas entre los tratamientos, el coeficiente de variación es 20.15%. El tratamiento superior a los demás es el T4, con un promedio de 439.3 mg de peso seco de raíz, el T1 fue el que menor promedio alcanzo, con 18.63 mg de peso seco de la raíz, el T2 logro una media de 303.67 gramos de peso seco de raíz (Figura 12).



**Figura 12.** Evaluación del efecto de las SMADs, en soluciones 13C, en el peso seco de la raíz de lechuga establecidos en un sistema de cultivo hidropónico.

#### 4.1.12. Análisis microbiológico (conteo de bacterias)

Para la variable microbiológica se contabilizó las Unidades Formadoras de Colonia (UFC), se observa que existen diferencias significativas y estadísticas entre los tratamientos, el coeficiente de variación es 32%. El T1 alcanzo el mayor promedio con 690 UFC, mientras que el T4 fue el que menor promedio alcanzo con 278 UFC (Figura 13).



**Figura 13.** Evaluación de las Unidades Formadoras de Colonia (UFC).

### 4.1.13. Parámetros de calidad de agua

#### 4.1.13.1. Análisis nutricional

Se observaron diferencias significativas entre los valores de las concentraciones de nutriente (N, P, K, Ca y Mg) con un coeficiente de variación de 17.74 para nitrógeno, 15.1 para fósforo, 16.72 para Potasio, 17.01 para calcio y 19.73 para el nutriente magnesio.

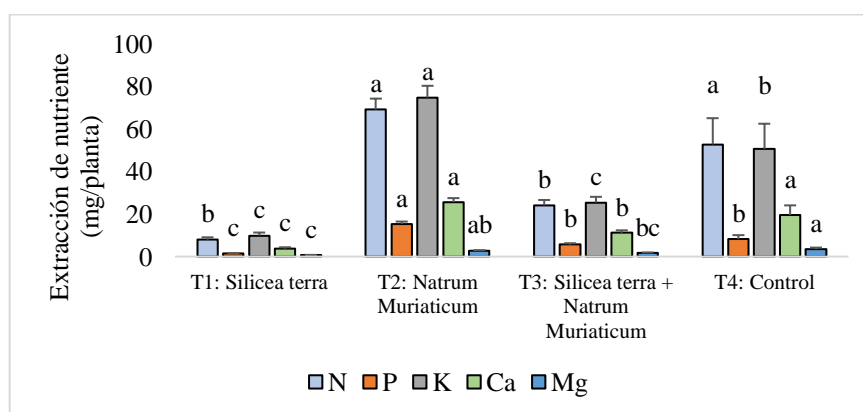
Al finalizar el ciclo del cultivo el T2 y T4 fueron los principales extractores de N con valores de 69.11 y 52.72 mg/planta respectivamente, en tercer lugar, el T3 con 24.08 mg/planta y por último el T1 con 7.92 miligramos por planta (Figura 14).

El final del ciclo se encontró que el T2 fue el tratamiento más extractor de P, a la vez que el T3 y T4 ocuparon el segundo lugar y por último el T1 (Figura 14). El orden de extracción fue de T2 > T4 > T3 > T1, con valores de 15.32, 8.17, 5.69 y 1.43 miligramos por planta, respectivamente.

De forma similar a lo ocurrido con el fósforo, se obtuvo que al final del ciclo de la planta, la extracción de K fue de T2 > T4 > T3 > T1, con valores de 74.71, 50.61, 25.42 y 9.87 miligramos por planta, respectivamente (Figura 14).

El T2 registro una extracción de Ca de 25.59 mg/planta y el T4 de 19.51 mg/planta y fueron los tratamientos que registraron la mayor extracción de Ca. El T1 presento la concentración más baja de Ca al final del ciclo la extracción con 3.83 miligramos por planta (Figura 14).

El T4 fue el principal extractor de Mg al final del ciclo de cultivo. El orden final de extracción de magnesio fue de T4 > T2 > T3 > T1, con valores de 3.43, 2.8, 1.74 y 0.7 miligramos por planta, respectivamente (Figura 14).

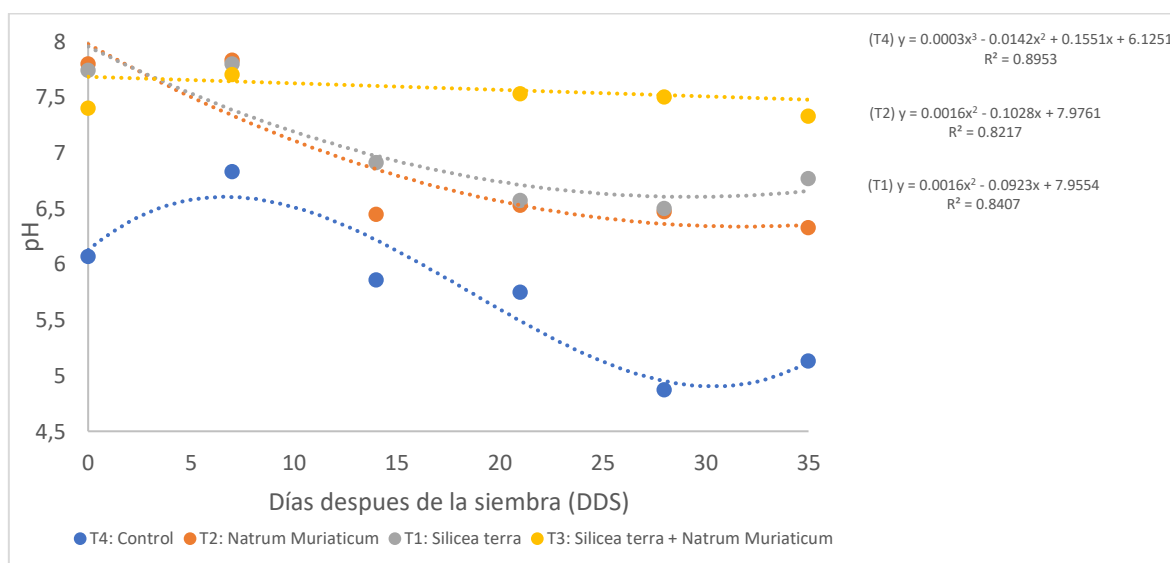


**Figura 14.** Evaluación extracción de nutriente (N, P, K, Ca y Mg).

#### 4.1.13.2. Nivel de pH

Los resultados de los análisis para el potencial hidrógeno (pH) presentan diferencias significativas. Este comportamiento del pH se relaciona con las SMADs, el coeficiente de variación 1 fue de 6.27% mientras que el coeficiente de variación 2 fue de 4.80 %. de las SMADs.

En la figura 15 se observa el análisis de regresión para el pH de las SMADs. Para T4 la respuesta fue cúbica, los valores del pH oscilaron entre 4.87 y 6.83 El T1 presento una respuesta cuadrática, con valores mínimos de pH de 6.5 y máximos de 7.8. De forma similar a lo ocurrido con el T1, se obtuvo para el T2 una respuesta cuadrática con valores de pH entre 6.5 y 7.8. El pH vario muy poco para el T3 (pH=7.58) durante el ciclo del cultivo.



**Figura 15.** Análisis de regresión para valores de potencial hidrógeno (pH).

#### 4.1.13.3. Conductividad eléctrica

Los resultados evidencian diferencias estadísticas significativas entre la conductividad eléctrica (CE) de diferentes tratamientos solamente al final del ciclo de la planta. El coeficiente de variación fue de 21.74 % para CE al inicio del ensayo y 14.81 % al finalizar el ciclo.

Para la CE, los resultados obtenidos en el T4 fueron significativamente mayores que el resto de tratamiento con 2825 ppm, seguido por el tratamiento T1 y T3 con 2400 ppm y 2275 ppm

respectivamente, mientras que el T2 fue el que menor promedio alcanzo con 1727 partes por millón (Tabla 8).

**Tabla 8.** Valores de conductividad eléctrica (CE) de la solución.

Días después de la siembra	T1 <i>Silicea Terra</i>	T2 <i>Natrum Muriaticum</i>	T3 <i>Silicea terra + Natrum Muriaticum</i>	T4 Control
	CE (ppm)			
0	1840	1933	2230	2825
35	2400 ab	1727 b	2275 ab	2825 a

Promedios con letras distintas entre los tratamientos, a los 35 DDS, indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

## 4.2. Discusión

Las variables evaluadas presentaron diferencias estadísticas, se logró observar que las SMADs actúan de forma diferente para cada etapa de desarrollo de plantas de lechuga cultivadas en un sistema hidropónico. *Silicea terra* en la concentración 13C presentó los mejores resultados en cuanto al porcentaje de germinación y emergencia, en este sentido Jirón (2018) indica que con la aplicación de *Silicea terra* en plantas de pimiento se favoreció la germinación y emergencia, así mismo Guerra (2019) determina que con esta misma solución mineral altamente diluida se mejora la germinación y emergencia en plantas de lechuga. Así mismo, Abasolo-Pacheco et al., 2020 identificaron el mismo efecto en plantas de nabo. En este sentido, el sílice o dióxido de silicio es una sustancia química extraída de la arena y que compone a *Silicea terra*. El silicio es un elemento benéfico para los cultivos al proveer resistencia a factores de estrés biótico y abiótico (Zhang *et al.*, 2019) y mejorar el proceso de la fotosíntesis. La germinación de las semillas se ven mejoradas con factores como la hidratación, estimulando la movilización de las reservas nutritivas de las semillas. Por todo lo anterior, se pudo determinar que el proceso de imbibición en las SMADs y las propiedades del silicio optimizaron la etapa de establecimiento (germinación y emergencia) de las semillas de lechuga.

En cuanto al efecto de las SMADs en el desarrollo vegetativo, *Natrum muriaticum* fue con el que se mostraron diferencias significativas en todas las variables morfológicas evaluadas, mejorando la longitud de raíz, altura de planta, número de hojas, longitud de hoja, así también para el peso fresco y seco. El *Natrum muriaticum* (NaM) se desarrolla a partir de sal de mar, mediante dilución serial y agitación, conteniendo elementos traza químicamente detectables y biodisponibles, se incluyen magnesio, cloruro potásico, hierro y calcio (Mazón-Suástegui *et al.*, 2018), los cuales son indispensables para el desarrollo de los vegetales. Este medicamento permite al organismo tratado (animal o vegetal), asimilar, regular y conservar el contenido de otras sales, e interviene en la absorción de agua por parte de la planta y en el equilibrio osmótico de los líquidos contenidos en sus células y tejidos (Tichavsky, 2007). Sobre esto, se ha evidenciado el efecto positivo de *Natrum* en diferentes diluciones y en diferentes cultivos. Por ejemplo, su aplicación mitiga el estrés salino inducido por adición de cloruro de sodio (NaCl) en *Ocimum basilicum* L. (Mazón-Suástegui et al. 2018b) y en *Capsicum annum* var *glabriusculum* (Rodríguez-Álvarez et al. 2020). Por otra parte, estudios realizados con *Natrum muriaticum* demuestran que muy altas

dinamizaciones (200CH) de este medicamento homeopático tienen la capacidad de inducir respuestas biológicas medibles en plantas, promoviendo un aumento en la cantidad de clorofila, una mayor acción de la enzima RUBISCO y un mayor contenido de proteína total en plantas de frijol caupí *Vigna unguiculata* cultivadas bajo estrés salino (Mondal et al., 2012).

En la calidad de agua se observaron principalmente cambios en el pH. El pH, en hidroponía indica la disponibilidad de los elementos en una solución nutritiva, es decir tener disponibles los elementos facilitando su absorción evitando el estrés o desgaste al cultivo, esto significa que cuando el pH no es óptimo la asimilación de nutrientes es deficiente por parte de la planta. De manera general para todos los tratamientos con SMAD's el pH se mantuvo estable, en comparación con el grupo control en el que el pH fue muy variable a lo largo del experimento. Se recomienda trabajar en pH de 5.5 - 6.5 ya que en este rango la planta asimila fácilmente los elementos que se encuentran solubles (FAO, 2002). Sin embargo, en condiciones de cultivo en suelo el rango cambia de 6.7 -7.4 (FAO, 2015). Para este trabajo los rangos establecidos en los tratamientos se presentaron entre 6.5 y 7.5, y se mantienen constantes, por lo que podríamos inferir que se encontró dentro de los niveles adecuados durante nuestro experimento, a diferencia del grupo control que presentó valores muy bajos y variables a lo largo del experimento. Lo anterior podría influir con la diferencia de nutrientes entre los tratamientos y el control.

Por otro lado, la temperatura se mantuvo en 28°C, lo cual representó un factor de estrés, ya que esta reportado que la temperatura máxima que soporta la lechuga, en condiciones hidropónicas, es de 24°C. Si embargo, para ambos factores, los efectos negativos se pudieron haber reducido por efecto de las SMADs, de manera particular con *Natrum muriaticum* que presentó la mejor respuesta en todas las variables morfológicas evaluadas. En relación a esto, uno de los efectos de estas sustancias es la de mantener el óptimo estado de salud de las plantas al reducir los factores de estrés bióticos y abióticos (Mazón et al., 2018; Rodríguez-Álvarez et al., 2020).

La conductividad eléctrica (CE), por otro lado, se define como un estimador de la concentración de sales disueltas en el agua, importante para la asimilación de nutrientes en hidroponía. El rango de electroconductividad recomendable es de 1.5 mS a 3 mS o de 750 a 1500 ppm. Por debajo de este rango la planta podría tener carencias nutricionales. En todos

los tratamientos, incluido el control, la conductividad eléctrica se mantuvo en rangos superiores a los recomendados en hidroponía (hydroenv.com). Esto sucedió probablemente por los lapsos de tiempo de recambio de agua en el sistema hidropónico. En relación a lo anterior, según Benavides *et al.* (2014), cuando la solución supera el óptimo de conductividad eléctrica de 1.5 a 3.0 dS m<sup>-1</sup>, al reponer el nivel del tanque fertilizante, se debe agregar únicamente agua y en caso contrario cuando esté por debajo del límite se debe renovar la solución. Asimismo, si la CE es menor a la que necesita la planta se ocasiona la deficiencia de elementos y cuando son mayores provoca el déficit hídrico y aumenta la relación  $K^+/(Ca^{2+} + Mg^{2+} + NH_4^+)$ , ocasionando desbalances nutricionales. No todos los nutrimentos son perjudicados en igual medida. Los que se mueven por el flujo de masas, como el Ca<sup>2+</sup> y en menor medida el Mg<sup>2+</sup> se absorben en menor cantidad, de este modo se puede inducir deficiencia de Ca<sup>2+</sup> (Mendoza, 2017).

En los porcentajes de nutrientes obtenidos (Anexo 9), se observan diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo, los niveles de nitrógeno (N), potasio (K) y magnesio (Mg) fueron deficientes y los niveles de fósforo (P) fueron altos, de acuerdo a la referencia para cultivos de lechuga hidropónica bajo cubierta (N 4.5-6.5%; P 0.35-0.65%; K 6-10%; Ca 1-2%; Mg 0.35-0.75%) (Campbell, 2013). Los resultados son consistentes con los reportados por Morales (2019), excepto por las cantidades de fósforo. En este sentido, un exceso de fósforo está relacionado con un incremento en crecimiento de raíces. Lo anterior coincide con nuestros resultados, en el incremento en longitud y peso de la raíz, particularmente con el tratamiento *Natrum* y grupo control. Adicionalmente el exceso de este nutriente interviene en la asimilación de otros nutrientes, tales como hierro, manganeso y zinc (Uñapillco, 2019), sin embargo, estos nutrientes no fueron determinados.

La carga bacteriana se presentó en concentraciones altas al final del bioensayo en todas las unidades experimentales. Seguramente esto sucedió por los recambios parciales de agua que se realizaron en los sistemas hidropónicos, particularmente en el tratamiento con *Silicea terra* se observa un mayor conteo de UFC. Se han reportado bacterias como *Bacillus subtilis* que favorece el crecimiento de plantas hidropónicas (Velasco et al., 2016) y otras que limitan el crecimiento de las plantas como bacterias del género *Pseudomonas* spp. y *Xanthomonas* spp. y otras bacterias que podrían causar efectos negativos en la salud humana como *Escherichia coli* o *Salmonella* spp. (Monge et al., 2011). Si bien es cierto, las bacterias podrían favorecer o no el desarrollo de lechuga en sistemas hidropónico, en este trabajo se

limitó a solo hacer un conteo de UFC por lo que es necesario caracterizar la microbiota residente en los sistemas con la finalidad de identificar aquellas que representen interacciones positivas o negativas. Sin embargo, se puede inferir que el alto número de UFC en el tratamiento con *Silicea terra*, a diferencia de los demás tratamientos y grupo control, son bacterias que limitan o influyen el crecimiento y desarrollo de las plantas de lechuga.

Estas evidencias experimentales confirman que las SMADs tienen un efecto real y medible, más allá del simple efecto placebo atribuido por sus detractores a la medicina homeopática, porque la sugestión y el efecto placebo no existen en organismos vegetales (Mazón-Suástegui *et al.* 2018, 2019).

**CAPITULO V**

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1. Conclusiones

- En la etapa de germinación y emergencia *Silicea terra* fue la que tuvo mayor porcentaje logrando el 100% de semillas germinadas y emergidas, a diferencia del grupo control con 85% y 67%, respectivamente.
- En cuanto al desarrollo vegetativo *Silicea terra* fue la que obtuvo mejor respuesta en las variables evaluadas, entre las más significativas podemos mencionar desarrollo de raíz con el 39,56cm, mayor número de hojas con un total de 19 hojas por planta, peso fresco con 19.4 gr y seco con 0.98 gr.
- La temperatura se mantuvo constante a 28°C en todos los tratamientos; el pH oscilo de manera significativa en el grupo control a diferencia de los tratamientos que se mantuvieron constantes y dentro de los rangos sugeridos. La conductividad eléctrica se mostró en niveles elevados de 1800 hasta 2800 ppm, sugiriendo incrementar la frecuencia en los recambios de agua y medir la CE en cada uno de los recambios.
- El tratamiento con *Silicea terra* presentó mayor número de UFC con un promedio de 544, respecto al T4 que obtuvo 221 UFC.
- Se encontraron valores elevados de nitrógeno y potasio en el tratamiento con *Natrum muriaticum*, con 69 y 74 mg/planta.

## 5.2. Recomendaciones

- Disminuir la dosis o experimentar con diferentes concentraciones de las sustancias minerales altamente diluidas.
- Reproducir con otras especies con la finalidad de implementar estos sistemas dentro de la agricultura familiar.
- Implementar sistemas hidropónicos con mayor capacidad construidos de manera artesanal para la reducción de costos, utilizando las SMADs.
- Caracterizar la microbiota residente en los sistemas con la finalidad de identificar aquellas que representen interacciones positivas.
- Hacer seguimiento de las variables que determinan la calidad de agua en los sistemas hidropónicos evaluados.

## **CAPITULO VI**

## 6.1. Bibliografía

- Abasolo, F.; Mazón, J. (2020). Respuesta agronómica del nabo (*Brassica napus* L.) a la aplicación de medicamentos homeopáticos. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Revista científica Terra Latinoamérica. Vol. 38. (1). Obtenido de Respuesta agronómica del nabo (*Brassica napus* L.) a la aplicación de medicamentos homeopáticos. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Álvarez, Á. (2016). Modelo tecnológico para el cultivo de lechuga bajo buenas prácticas agrícolas en el oriente antioqueño. Revista Prácticas Agrícolas. Medellín.
- Alves, M., Soares, T., Silva, L., Fernandes, J., Oliveria, M., y Paz, V. (2016). Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. Revista Brasil. eng. agrícola ambiente, vol.15 no.5.
- Beltrano, J. (2015). Cultivo en hidroponía. La Plata: Edulp. 1-9
- Benavides, A., Preciado, P. and Favela, E. (2014) Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Segunda edición., Lima-Perú: Universidad Autónomo Agraria Antonio Narro.
- Bonilla, B. (2017). Evaluación del efecto de sustancias homeopáticas en tres etapas del desarrollo en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo condiciones controladas. Tesis: título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo.
- Cacarán, M. (2017). Prospección de especies vegetales con principios biocidas para el control de babosas (*Deroceras* sp.) en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L). Santa Cruz, Galápagos. (tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Cajo, A. (2017). Producción hidropónica de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L), bajo el sistema NFT, con tres soluciones nutritivas (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Cevallos, Ecuador.
- Campbell, R., 2013. Reference sufficiency ranges for plant analysis in the southern region of the United States. Southern Cooperative series bulletin, Issue 394, pp. 85 - 86.

- Cardenas, C. (2004). Determinación de los efectos en rendimiento de la producción de lechuga hidropónica y convencional en condiciones de El Zamorano. Honduras: El Zamorano.
- Carranza, L. (2003). El análisis económico y estrategia de comercialización de lechuga hidropónica en tuberías de pvc en las Islas Galápagos. Ecuador: Censo Nacional Agropecuario- Ecuador.
- Carillo, G., Lara, A., Padilla, L., Flores, M., Avelar, J., & Llamas, J., (2019). Evaluación técnica y financiera del cultivo de lechuga en invernadero alternativa para invierno. *Terra Latinoamericana*, 33(3), 251-260.
- Casaca, Á. (2017). Guías tecnológicas de frutas y vegetales Costa Rica. Boletín. 34p.
- Chirinos, A., Herrera, R., (2018). Plan de negocios para la producción de lechugas hidropónicas de invernadero en Lima Napolitana. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Escuela de Ingeniería industrial. Perú.
- Cotton, F. A., Wilkinson, G. (2006). Química inorgánica avanzada. U.S.A
- Curantur, S. (2017). Similibus-curantur.blogspot.com  
[https://similibuscurantur.blogspot.com/2009/04/phosphoricum-acidum\\_15.html](https://similibuscurantur.blogspot.com/2009/04/phosphoricum-acidum_15.html).
- Duran, Felipe. (2010). Manual de cultivos hidropónicos. Medellín, Colombia. Grupo Latino.
- Espinoza Tejada N. (2018). Inducción de analgesia con medicamentos homeopáticos, una alternativa para las exodoncias. *Gac Méd Espirit*, 12-66.
- FAO, (2002). Manejo Agronómico. Recuperado el 14 de marzo de 2014, de <https://www.fao.org/3/a1359s/a1359s03.pdf>
- FAO, (2015). Estado Mundial de Recursos. Resumen Técnico. Obtenido de: <https://www.fao.org/3/i5126s/i5126s.pdf>
- Gilsanz, J. (2017). Manual de Hidroponía. Programa Nacional de producción hortícola, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Uruguay – Montevideo

- GroHo, (2021). Problemas en tu huerta hidropónica. Hidroponía España. <https://www.groho.es/post/problemas-en-tu-huerta-hidroponica>
- Guerra, W. (2019). Efecto del uso de sustancias homeopáticas en variables morfométricas del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L) bajo condiciones controladas. Tesis: título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo
- Guzmán, G. (2018). Hidroponía en casa: una actividad familiar. San José, Costa Rica.
- Hahnemann S. (1976) Essay on a new principle for ascertaining the curative powers of drugs, with a few glances at those hitherto employed. In: Dudgeon RE, ed. The lesser writings of Samuel Hahnemann. New Delhi: B Jain
- Hoagland, D. R., & Arnon, D. I. (1950). The water-culture method for growing plants without soil. Circular. California, United States: Agricultural Experiment Station. 347, 32.
- IICA. (2007). Guía Práctica de Exportación de Lechuga a los Estados Unidos. Managua, Honduras.
- INAMHI. Anuario Meteorológico; 2018.
- Jirón Giler, J. I. (2018). Evaluación del efecto de sustancias homeopáticas sobre la etapa inicial de crecimiento de plantas de pimiento (*Capsicum annuum*) y el desarrollo in vitro DE *Phytophthora capsici* (BaChelor's thesis, Quevedo-UTEQ).
- Kolisko, E. L. (1939). Die landwirtschaft der Zurkunft. Ed. Kolisko. Alemania.
- Lema, D. (2017). Evaluación de tres soluciones nutritivas en hidroponía en el cultivo de lechuga (*Lactuca saliva* L.) var. crispera, en invernadero, departamento de horticultura, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo (tesis de pregrado). Riobamba, Ecuador.
- Matton, N., Hansen, R. (2016). Obtén el mejor rendimiento con manejo apropiado de pH y CE en sistemas hidropónicos. Revista Greenhouse Grower. Worldwide. United States.

- Mazón-Suástegui J.M., Amador, B.M., Sánchez, D.B., Fernández, Y. A., Bernal, M R. G., & Silvera, C. M. O. (2020). *Natrum muriaticum* atenúa el estrés por NaCl en *Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*. *Terra Latinoamerica*, vol.38 no.1.
- Mazón-Suástegui JM, García-Bernal M, Saucedo PE, Campa-Córdova Á, Abasolo-Pacheco F. (2018) Homeopathy outperforms antibiotics treatment in juvenile scallop *Argopecten ventricosus*: effects on growth, survival, and immune response. *Homeopathy*; 106(1):18- 20.
- Mendoza, A. R. (2017) Cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) Hidropónica en sistema recirculante “NFT” Tipo piramidal con tres niveles de aireación. Tesis. Facultad de agronomía. Universidad Nacional de San Agustín de Agronomía. Perú.
- Meneses, N. (2019). Agrohomeopatía: una opción ecológica para el campo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. *Agrisfao, Revista de Protección vegetal*, 19, (3), p. 184.
- Meneses, N. (2017). Agrohomeopatía como alternativa a los agroquímicos. Universidad de Berna. *Suiza Revista Médica de Homeopatía*. DOI: 10.1016/j.homeo.2017.04.004
- Mondal, S., N. C. Sukul, and S. Sukul. (2012). *Natrum mur* 200c promotes seed germination and increases total protein, chlorophyll, rubisco and sugar in early seedlings of cowpea under salt stress. *Int. J. High Dilut. Res.* 11: 128.
- Montesdeoca, N. (2009). Caracterización física, química y funcional de la lechuga rizada (*Lactuca sativa* variedad crespa), para la creación de una Norma Técnica Ecuatoriana, por parte del Instituto Ecuatoriano de Normalización 2008. (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga.
- Monge, C., Chaves, C., y Arias, M. L. (2011). Comparación de la calidad bacteriológica de la lechuga (*Lactuca sativa*) producida en Costa Rica mediante cultivo tradicional, orgánico o hidropónico. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 61(1), 69-73.
- Morales, R. 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).

- Moreno, N. M. (2009). Agrohomeopatía una opción para la agricultura. Boletín informativo. Barcelona.
- Ortega, J. (2020). Evaluación de tres abonos orgánicos y tres dosis de aplicación de lechugas orgánicas y su influencia en las características fenológicas en el cantón Píllaro. (Tesis de Magister en agroecología y ambiente). Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Técnica de Ambato. Ambato.
- Ortuño, N., Aguirre G., Velasco J., (2016). Humus líquido y microorganismos para favorecer la producción de lechuga (*Lactuca sativa* var. Crespa) en cultivo de hidroponía. Journal of the selva Andina Biosphere. La Paz. 4
- Parvathi, K. (2019). La curación de acuerdo con las estrellas. Paracelsus Health & Healing, 1(3), 4-7.
- Ponce B. (2017). “Evaluación del efecto de la homeopatía en la etapa inicial de desarrollo de plantas de tomate (*Lycopersicum esculentum*)”. (Tesis de Ingeniero Agrónomo). Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo.
- Ponce, L. (2019). Hydroenvironment. Hidroponia.mx. <http://hidroponia.mx/hidroponia-en-que-consiste-el-sistema-deraiz-flotante/>.
- Resh, H. M. (2019). Cultivos Hidropónicos (4ª.ed.) (Revisada y ampliada Carlos de Juan) España: Mundi Prensa Libros S.A.
- Resh, H. M. (2018). Cultivos Hidropónicos (5ª.ed.) España: Mundi Prensa Libros S.A, 12-67
- Reynoso, M., Magnoli, C., Barros, G., & Demo, M. (2015). Manual de microbiología general. Editorial UniRío. p. 97. ISBN 978-987-688-124-1
- Rodríguez, A. (2003). Red Hidroponía. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Universidad Nacional Agraria La Molina. Departamento de Biología. Perú
- Rodríguez-Álvarez, M., Morales-Roblero, N., Batista-Sánchez, D., & Mazón-Suástegui, J. M. (2020). *Natrum muriaticum* atenúa el estrés por NaCl en *Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*. Terra Latinoamericana, 38(1), 197-216.

- Rojas, J. (2017). Hidroponía casera. InfoAgro. Programa Regional de Ambientes Protegidos y Hortalizas. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Costa Rica.
- Ruiz, E. (2018). Agro homeopatía: una opción ecológica para el campo mexicano. La homeopatía de México, 110 - 116.
- Saavedra, G., Corradini, F., Antúnez, A., Felmer, S., Estay, P., & Sepúlveda, P. (2017). Manual de producción de lechuga. Santiago, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).
- Sádaba, J., (2007). Cultivo hidropónico en Lechugas. España. Revista Navara Agraria
- Salinas, C. (2018). Introducción de cinco variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en el Barrio Santa Fe de la parroquia Atahualpa del Cantón Ambato. (Tesis de Ingeniero Agrónomo). Universidad Técnica de Ambato. Ambato.
- Soberanis, R. (2017). Respuesta del Cultivo de Maní (*Arachis hypogea* L) a la fertilización, Orgánica en San Miguel Chicaj, Baja Verapaz. Guatemala. Tesis – Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Universidad Rafael Landívar.
- Soto, F. (2017). Hidroponía familiar en sustrato: Hágalo fácil. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Universidad de Costa Rica.
- Tichavsky, R. (2007). Materia agrohomeopática básica. Manual de agrohomeopatía, 56 - 77. Monterrey, Nuevo León, Mexico: Instituto Comenius. 57-77.
- Uñapillco, M., Tania. (2019). Comparativo de dosis de soluciones nutritivas inorgánicas en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L. Var. White Boston) mediante la técnica de cultivo acolchado plástico-K'ayra–Cusco. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Tesis de Ingeniería.
- Velasco, J., Aguirre, G., y Ortuño, N. (2016). Humus líquido y microorganismos para favorecer la producción de lechuga (*Lactuca sativa* var. Crespa) en cultivo de hidroponía. Journal of the Selva Andina Biosphere, 4(2), 71-83.
- Wilkerson, C. 2015. Solución de nutrientes por agricultura en ambiente controlado. Departamento de ciencias hortícolas. Texas A&M Universidad Colegio, Texas.

Zhang, Y., Wang, C., Xue, Y. et al. (2019). Calcium-activated 14-3-3 proteins as a molecular switch in salt stress tolerance. *Nat Commun* 10, 1199.

Zárate, M. (2014). *Manual de Hidroponía*. Universidad Nacional Autónoma de México, [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232367/Manual\\_de\\_hidroponia.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232367/Manual_de_hidroponia.pdf).

## **CAPITULO VII**

## 7.1. Anexos



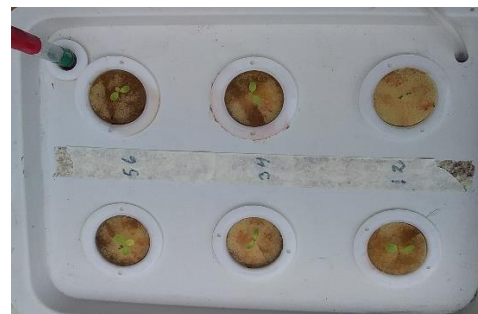
Anexo 1 Análisis de porcentaje de germinación.



Anexo 2. Sales minerales.



Anexo 3. Análisis de Porcentaje de Emergencia





*Anexo 4. Análisis de Desarrollo vegetativo semana dos*



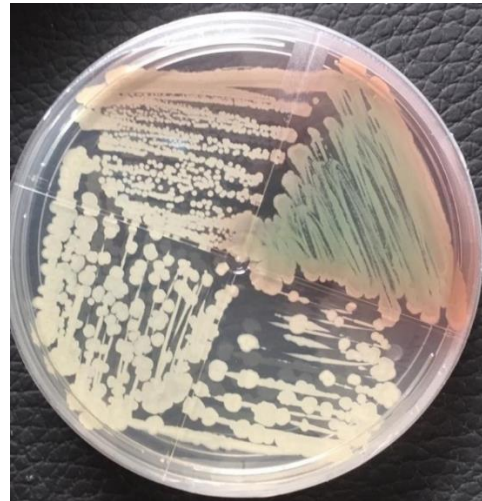
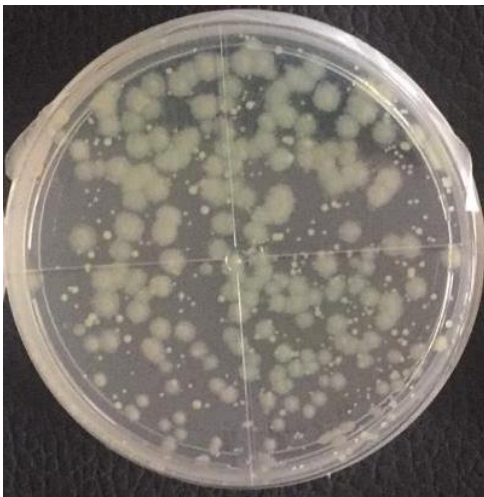
*Anexo 5. Análisis de desarrollo vegetativo semana siete*



*Anexo 6. Análisis de desarrollo radicular*



Anexo 7. Realización de protocolo para cultivo de bacterias.



Anexo 8. Conteo de UFC.


  
**ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"**  
**LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS**  
 Km 5 Carretera Quevedo – El Empalme  
 Mocache – Ecuador Teléfono: 2783044 Ext. 201

Nombre del Propietario :	MORAN VILLACRESES ENMA LEONOR	Telf: 0967594292	Reporte N° :	8186
Nombre de la Propiedad :		Cultivo: Lechuga	Fecha de muestreo :	29-03-2021
Localización :	Quevedo	Los Ríos	Fecha de ingreso :	31-03-2021
	Parroquia	Cantón	Provincia	Fecha salida resultados: 14/04/2021

**RESULTADOS E INTERPRETACION DE ANÁLISIS ESPECIAL DE LECHUGA**

Número de Laboratorio	Identificación de las Muestras	Edad del Cultivo	%				
			N	P	K	Ca	Mg
75699	Enma Moran Tratamiento 1	2 mes	3.6	0.65	4.49	1.74	0.32
75700	Enma Moran Tratamiento 2	2 mes	4.0	0.62	3.84	1.48	0.26
75701	Enma Moran Tratamiento 3	2 mes	3.6	0.85	3.80	1.67	0.26
75702	Enma Moran Tratamiento 4	2 mes	3.7	0.82	4.00	1.37	0.15

Observaciones: \_\_\_\_\_

  
 Dr. Manuel Garrillo Zenteno  
 RESPONSABLE DPTO.

  
 LABORATORISTA

Anexo 9 Análisis de tejido tipo 1