

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ**

**ESCUELA DE POSTGRADO**

**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS  
AGRARIAS**



**TESIS**

**“EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LAS VARIEDADES  
LACTUCA SATIVA L. EN SISTEMA HIDROPÓNICO NFT CON  
COBERTURA EN HUANTA”**

**PRESENTADA POR:**

**Lidia, BERROCAL ARGUMEDO**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE  
MAESTRA EN DESARROLLO SOSTENIBLE**

**CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN ORGÁNICA Y  
AGRONEGOCIOS**

**Satipo – Perú**

**2024**



EXP. N° 372153-2024

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N.º 010-2024-UPG/FCA**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE MAESTRA EN DESARROLLO SOSTENIBLE  
CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN ORGÁNICA Y AGRONEGOCIOS**

En la ciudad universitaria, distrito de Río Negro, provincia de Satipo reunidos en la Sala de Sustentación de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, los Jurados de Sustentación de Tesis conformado por:

- **M. Sc. Angelica Castro Garay** (Presidenta)
- Dr. Carlos Faustino Marcelo Oyague (Titular)
- Mtro. Cayo Leónidas Parra Vásquez (Titular)
- M.Sc. Edith Angela Vila Villegas (Titular)

Se dio lectura a la Resolución N° 066-2024-D-UPG-FCA/UNCP, en la que señala fecha, hora y designación del Jurado Examinador para la sustentación presencial del bachiller: **BERROCAL ARGUMEDO, Lidia** con la tesis titulada: "**Evaluación de la producción de las variedades *Lactuca Sativa L.* en sistema hidropónico NFT con cobertura en Huanta**" para optar el grado Académico de **Maestra en Desarrollo Sostenible** con mención en **GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN ORGÁNICA Y AGRONEGOCIOS** siendo su asesor el **Dr. MARCELO OYAGUE, Carlos Faustino**.

Los miembros del jurado examinador después de haber presenciado la exposición de la tesis, procedieron a formular las preguntas de acuerdo al tema y objeciones del caso, los mismos que fueron defendidos y absueltos por el graduando: acto seguido se procedió a deliberar el resultado en el marco del Art. 122° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado.

Siendo el calificativo:

Regular

Siendo las <sup>12.45</sup>..... pm horas; se **da por finalizado** el acto de sustentación de Tesis, pasando a firmar los miembros del jurado calificadoros a los treinta y un días del mes de diciembre del año 2024.

  
.....  
M.Sc. Angelica Castro Garay  
**Presidenta**

  
.....  
Mtro. Javier Hugo Contreras Rodríguez  
**Secretario**

  
.....  
Dr. Carlos Faustino Marcelo Oyague  
**Titular del Jurado**

  
.....  
Mtro. Cayo Leónidas Parra Vásquez  
**Titular del Jurado**

  
.....  
M.Sc. Edith Angela Vila Villegas  
**Titular del Jurado**



## INFORME N° 02-2025-CFMO UPG-FCA

*Del* : *Dr. Carlos Faustino Marcelo Oyague*  
*Asesor de tesis*  
*A* : *M Sc. Angelica Castro Garay*  
*Directora de la Unidad de Pos Grado FCA*  
*Asunto* : *Informe de originalidad de la tesis, revisión turnitin*  
*Interesado* : Lidia Berrocal Argumedo  
*Fecha* : *Satipo, 20 de enero del 2025*  
*Referencia* : Reporte de turnitin

---

Mediante el presente me dirijo a usted, después de haber procedido a la verificación de similitud con el **TURNITIN** en cumplimiento a la ley Universitaria N° 30220, Estatuto de la UNCP, Reglamento de investigación y a la Resolución N° 2064-CU-2017 del Código de Ética de Investigación de la UNCP, el resultado fue el siguiente:

Título de la tesis	Tesista	Resultado de similitud
Evaluación de la producción de las variedades Lactuca sativa L. en sistema hidropónico NFT con cobertura en Huanta	Lidia Berrocal Argumedo	16 %

Para lo cual se adjunta el reporte y se informa para los fines correspondientes, debido a que alcanzo un porcentaje aceptable de acuerdo con el reglamento.

Atentamente,

**Dr. Carlos Faustino Marcelo Oyague**  
Asesor

# Berrocal. Evaluación de la producción de las variedades Lactuca sativa L. en sistema hidropónico NFT con cobertura en Huanta.docx

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>16%</b>	<b>16%</b>	<b>2%</b>	<b>6%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.unsch.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>2</b>	<b>Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru</b> Trabajo del estudiante	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.uncp.edu:pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>doaj.org</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.uteq.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>www.slideshare.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>





9	<a href="http://repositorio.ucsm.edu.pe">repositorio.ucsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
10	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://repositorio.udh.edu.pe">repositorio.udh.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://repositorio.utc.edu.ec">repositorio.utc.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://repositorio.untels.edu.pe">repositorio.untels.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://repositorio.uea.edu.ec">repositorio.uea.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://repositorio.unh.edu.pe">repositorio.unh.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://info.lanic.utexas.edu">info.lanic.utexas.edu</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://repositorio.unap.edu.pe">repositorio.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://repositorio.unesum.edu.ec">repositorio.unesum.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
20	<a href="http://repository.usta.edu.co">repository.usta.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %



21	<a href="http://revistas.uptc.edu.co">revistas.uptc.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
22	<a href="http://repositorio.unjbg.edu.pe">repositorio.unjbg.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
23	Submitted to Universidad Nacional de Educacion Enrique Guzman y Valle Trabajo del estudiante	<1 %
24	<a href="http://alicia.concytec.gob.pe">alicia.concytec.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
25	<a href="http://repositorio.espam.edu.ec">repositorio.espam.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
26	<a href="http://dspace.unl.edu.ec">dspace.unl.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
27	<a href="http://repositorio.umsa.bo">repositorio.umsa.bo</a> Fuente de Internet	<1 %
28	<a href="http://rinacional.tecnm.mx">rinacional.tecnm.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
29	<a href="http://www.repositorio.usac.edu.gt">www.repositorio.usac.edu.gt</a> Fuente de Internet	<1 %



Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo

**ASESOR**

**Dr. CARLOS FAUSTINO MARCELO OYAGUE**

**DNI N°20107851**

**CÓDIGO ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2897-7035>**

## **DEDICATORIA**

*A mis progenitores Lidia y Fabián, quienes encaminaron la importancia de amor personal y familiar y la perseverancia para lograr mis metas, enseñándome con el ejemplo a hacer un esfuerzo más cuando ya no podemos más.*

*A mis hermanos, mi esposo Moisés W., a mi tesoro Moisés J., a los que amo por siempre.*



## **AGRADECIMIENTO**

Al ser Todopoderoso, por sus bendiciones para consolidar mis aspiraciones personales y profesionales..

Al Mtro. Moisés W. Hurtado León, quien me demuestra esa fuerza y voluntad de seguir luchando en la vida que nos tocó vivir, y a mi hijo Moisés Jerson Hurtado B. por ser las razones para seguir adelante.

A los docentes y directivos de la Escuela de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional del Centro del Perú, por permitirme formar parte de su gran familia.

Al Dr. Carlos Faustino Marcelo Oyague, por su asesoramiento en el proceso de la tesis.

A la Ing. Mariela Vega Yaranga, por brindarme las facilidades del uso de sus instalaciones “D´etallitos Verdes” apoyo incondicional.

A los maestros, Edith Ángela Vila, Fortunata Judith Llallico, Cayo Leónidas Parra y a mi amiga Yolanda Canales Apari.

Al M.Sc. Pedro Nolasco Arizapana, por su aporte en el análisis.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Carátula	i
Asesor	ii
Hoja de firmas	iii
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice general	vii
Índice de tablas	ix
Índice de figuras	x
Índice de mapa	x
Índice de fotografías	x
Resumen	xi
Summary	xii
INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO I	14
MARCO TEÓRICO	14
1.1. Antecedentes o marco referencial	14
1.2. Bases teóricas y conceptuales	16
1.2.1. Lechuga	16
1.2.2. Crecimiento vegetativo	17
1.2.3. Rendimiento	21
1.2.4. Rentabilidad	22
1.2.5. Hidroponía Técnica de Película de Nutrientes (NFT)	23
1.2.6. Seguridad alimentaria	24
1.3. Definición de términos básicos	25
1.3.1. Hidroponía	25
1.3.2. Solución nutritiva	25
1.3.3. Sistema NFT	25
1.3.4. <i>Lactuca sativa</i> L.	25
1.3.5. Crecimiento vegetativo	25
1.4. Hipótesis de investigación	25
1.5. Operacionalización de las variables	25
CAPÍTULO II	27
DISEÑO METODOLÓGICO	27
2.1. Ubicación del campo experimental	27

2.2.	Tipo y nivel de investigación	27
2.3.	Métodos de investigación	28
2.4.	Diseño de la investigación	28
2.5.	Población y muestra	28
2.5.1.	Población	28
2.5.2.	Muestra	28
2.5.3.	Diseño experimental	28
2.5.4.	Técnicas de muestreo	29
2.6.	Técnicas e instrumentos de recopilación de datos	29
2.6.1.	Observación directa	29
2.6.2.	Medición	29
2.6.3.	Calibrador vernier digital, cinta métrica y regla	30
2.6.4.	Balanza electrónica	30
2.6.5.	Dispositivo de registro visual	30
2.6.7.	Software de análisis de datos	30
2.7.	Técnica de procesamiento de datos	30
2.7.1.	Revisión y codificación de datos	30
2.7.2.	Software de análisis de datos	30
2.7.3.	Análisis estadísticos de datos	30
	CAPÍTULO III	32
	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	32
3.1.	Crecimiento vegetativo	32
3.2.	Rendimiento	39
3.3.	Rentabilidad	41
3.4.	Discusión de resultados	41
	CONCLUSIONES	45
	RECOMENDACIONES	46
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
	ANEXOS	50

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.	
Tabla 01.	Operacionalización de las variables	26
Tabla 02.	Porcentaje de Germinación de las Variedades de <i>Lactuca sativa</i> L.	32
Tabla 03.	Porcentaje crecimiento ADT de Variedades de <i>Lactuca sativa</i> L.	33
Tabla 04.	Análisis de varianza de la altura de <i>Lactuca sativa</i> L.	34
Tabla 05.	Comparación de los promedios de la altura de <i>Lactuca sativa</i> L.	34
Tabla 06.	Análisis de varianza del diámetro del tallo de <i>Lactuca sativa</i> L	34
Tabla 07.	Comparación de promedios de diámetro del tallo de lechuga	35
Tabla 08.	Análisis de varianza de longitud de la hoja <i>Lactuca sativa</i> L	35
Tabla 09.	Comparación de promedios de longitud de hoja <i>Lactuca sativa</i> L.	36
Tabla 10.	Análisis de varianza de ancho de la hoja de <i>Lactuca sativa</i> L	36
Tabla 11.	Comparación promedios del ancho de la hoja de <i>Lactuca sativa</i> L.	37
Tabla 12.	Análisis de varianza de peso fresco de <i>Lactuca sativa</i> L	37
Tabla 13.	Comparación de promedios de peso fresco de <i>Lactuca sativa</i> L	38
Tabla 14.	Densidad de siembra de variedades de <i>Lactuca sativa</i> L. a 31 DDT.	39
Tabla 15.	Rendimiento de variedades de <i>Lactuca sativa</i> L a 31 DDT	40
Tabla 16.	Rentabilidad de variedades de <i>Lactuca sativa</i> L	41
Tabla 17.	Proyección del Índice Beneficio/Costo de variedades de Lechuga	41
Tabla 18.	Costos de inversión	52
Tabla 19.	Costos fijos	52
Tabla 20.	Costos variables	53
Tabla 21.	Base de datos de los registros de control a los 7 DDT	58
Tabla 22.	Base de datos de los registros de control a los 14 DDT	59
Tabla 23.	Base de datos de los registros de control a los 21 DDT.	60
Tabla 24.	Base de datos de los registros de control a los 31 DDT.	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01. Porcentaje de Germinación de Variedades de <i>Lactuca sativa</i> L.	32
Figura 02. Porcentaje crecimiento ADT de Variedades de <i>Lactuca sativa</i> L.	33
Figura 03. Análisis de relación de tiempo y crecimiento de <i>Lactuca sativa</i> L.	38
Figura 04. Densidad de siembra de variedades de <i>Lactuca sativa</i> L a 31 DDT	39
Figura 05. Rendimiento de variedades de <i>Lactuca sativa</i> L	40

## ÍNDICE DE MAPA

	Pág.
Mapa 01. Ubicación del centro experimental	51

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 01. Rendimiento de variedades de <i>Lactuca sativa</i> L	53
Fotografía 02. Conteo de germinados de variedades de lechuga	54
Fotografía 03. Conteo del número de plantines de variedades de lechuga	54
Fotografía 04. Conteo de lechuga al trasplante en sistema hidropónico NFT	55
Fotografía 05. Control de las variedades de lechuga a los 7 DDT.	55
Fotografía 06. Control de las variedades de lechuga a los 14 DDT	56
Fotografía 07. Control altura de planta en variedades de <i>Lactuca sativa</i> L.	56
Fotografía 08. Control del diámetro de tallo a 31 DDT de lechugas.	57
Fotografía 09. Diseño del sistema hidropónico NFT	62
Fotografía 10. Vista de perfil del sistema hidropónico NFT	62



## RESUMEN

Esta investigación se enfoca en evaluar la producción de tres variedades de lechuga (Francesa, Bohemia y Lollo Rosa) en un “sistema hidropónico Técnica de Película de Nutrientes” (NFT) con cobertura en Huanta. El inconveniente detectado es la ausencia de datos concretos acerca del rendimiento de estas variedades en este escenario, lo que restringe la toma de decisiones fundamentadas para los agricultores de la zona. La meta principal consiste en valorar la producción de las variedades de lechugas en el sistema hidropónico NFT, mientras que los objetivos secundarios se enfocan en aspectos de crecimiento vegetal, rendimiento y rentabilidad como rasgo económico. El diseño metodológico seleccionado es un diseño completamente aleatorizado (DCA); al análisis estadístico ANOVA y la prueba de Tukey, destacan las variedades Lollo Rosa y Francesa con 97.5% de germinación. Crecimiento antes del trasplante con 95.9% Lollo Rosa. La variedad Bohemia sobresalió en su altura de 23.73 cm, su diámetro de tallo de 14.28 mm, su longitud de 21.51 cm y su anchura de 16.62 cm, su peso fresco de 177.84 g y su rendimiento de 3.91 kg/m<sup>2</sup>, con una densidad de siembra de 22 plantas/m<sup>2</sup> para las tres variedades. La rentabilidad en B/C fue de 2.19 para la variedad Lollo Rosa. Esta investigación busca llenar vacíos de conocimiento, proporcionando datos valiosos para la selección de variedades de lechuga óptimas en sistemas hidropónicos NFT con cobertura en Huanta. Los resultados contribuirán al avance de prácticas agrícolas sostenibles y rentables, proporcionando a los agricultores información clave para mejorar la producción y la toma de decisiones.

*Palabras claves:* Lechuga, hidroponía, NFT, crecimiento, rendimiento y rentabilidad.

## SUMMARY

This research focuses on evaluating the production of three varieties of lettuce (French, Bohemian and Lollo Rosa) in a Nutrient Film Technique (NFT) hydroponic system with coverage in Huanta. The problem identified is the lack of specific information on the performance of these varieties in this context, which limits informed decision making for local farmers. The general objective is to evaluate the production of lettuce varieties in the NFT hydroponic system, while the secondary objectives address vegetative growth characteristics, yield and profitability as an economic characteristic. The selected methodological design is a completely randomized design (DCA); To the ANOVA statistical analysis and the Tukey test, the Lollo Rosa and French varieties stand out with 97.5% germination. Growth before transplanting with 95.9% Lollo Rosa. The Bohemia variety stood out in plant height with 23.73 cm, stem diameter 14.28 mm, leaf length 21.51 cm, leaf width 16.62 cm, fresh weight 177.84 g and 3.91 kg/m<sup>2</sup> in yield, planting density 22 plants/m<sup>2</sup> for the three varieties. The profitability in B/C was 2.19 for the Lollo Rosa variety. This research seeks to fill knowledge gaps, providing valuable data for the selection of optimal lettuce varieties in NFT hydroponic systems with coverage in Huanta. The results will contribute to the advancement of sustainable and profitable agricultural practices, providing farmers with key information to improve production and decision making.

*Keywords:* Lettuce, hydroponics, NFT, growth, performance and profitability.

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el avance de los sistemas de cultivo hidropónico ha revolucionado la agricultura, ofreciendo una solución eficiente, sostenible y seguridad alimentaria frente a los desafíos de la producción agrícola tradicional. Este enfoque permite optimizar el uso de recursos como el agua y los nutrientes, lo cual es crucial en regiones con suelos poco fértiles o limitaciones climáticas (Resh, 2016). Específicamente, el sistema NFT (Técnica de Película Nutricional) se distingue por su habilidad para suministrar una película fina y constante de resolución de nutrientes a las raíces, garantizando una absorción eficaz y un crecimiento uniforme de los cultivos (Jones, 2014).

La región de Huanta, ubicada en el departamento de Ayacucho, presenta un clima caracterizado por variaciones estacionales marcadas que influyen en la producción agrícola convencional. En este contexto, la adopción de sistemas hidropónicos bajo cobertura puede ofrecer ventajas significativas, como la reducción de pérdidas por factores ambientales adversos y el aumento de la productividad en espacios reducidos (Raviv & Lieth, 2008). No obstante, hay una falta de investigaciones locales que analicen la adecuación y conducta de diversas variedades de *Lactuca sativa* L. bajo condiciones locales, lo que impulsa la investigación actual.

El objetivo principal de este trabajo es evaluar la producción de las variedades de *Lactuca sativa* L. como Francesa, Bohemia y Lollo Rosa en un sistema hidropónico NFT con cobertura en Huanta. Para ello, se plantearon tres objetivos específicos: (1) comparar el crecimiento vegetativo entre las variedades, (2) determinar su rendimiento a lo largo de un ciclo de cultivo y (3) analizar la rentabilidad del sistema, calculada mediante el índice beneficio- costo. Estudios previos han demostrado que la variedad Bohemia tiende a destacar por su rendimiento en sistemas hidropónicos, lo que sustenta la hipótesis central de esta investigación (Leiva et al., 2018; Prado, 2018).

El diseño experimental utilizado es un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA), que permite analizar las diferencias significativas entre las variedades mediante análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparación múltiple de Tukey. Además, el análisis económico brindará una visión integral de la viabilidad del sistema en términos de sostenibilidad financiera (Montgomery, 2019).

Los resultados de esta investigación contribuirán a llenar un vacío importante en el conocimiento sobre el cultivo hidropónico de lechuga en Huanta, ofreciendo datos que servirán de referencia para agricultores y tomadores de decisiones interesados en implementar sistemas hidropónicos en condiciones similares. Así, se espera que este trabajo no solo tenga un impacto académico, sino también práctico, promoviendo la sostenibilidad y rentabilidad en la agricultura regional.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes o marco referencial

Los estudios previos destacan la relevancia de los sistemas hidropónicos en la producción de *Lactuca sativa* L., enfocándose en variables como comportamiento productivo, efecto de nutrientes, tratamientos alternativos, crecimiento vegetativo y rendimiento de variedades de lechuga.

“Se analizaron variables como la altura de la planta, la longitud de la raíz, el diámetro de la copa, el diámetro del tallo, la cantidad de hojas, el peso en estado fresco y el porcentaje de materia seca, determinándose que todas las variedades mostraron variaciones importantes” (Leiva et al, 2018, p. 1). Estudio experimental de diseño totalmente aleatorio, con un grupo y muestra de cinco repeticiones por variedad y 10 plantas por repetición, se evaluaron las variables de crecimiento y producción. Se examinaron los datos a través de ANOVA y prueba de comparación de medias. La variedad Curly Green obtuvo el mejor rendimiento con un peso fresco medio de 203.36 g y 42 hojas por planta, en cambio, la variedad Bohemia presentó un peso medio de 115.45 g, sobresaliendo en términos de materia seca con un 26%. Existiendo diferencias significativas en el rendimiento entre las variedades, lo que sugiere que la selección de variedades es crucial para maximizar la producción en sistemas hidropónicos.

Prado (2018) con la finalidad de analizar el impacto de cinco niveles de nitrato de calcio en la productividad de la lechuga, especie Bohemia. Empleó un diseño de bloques totalmente aleatorio, utilizando cinco tratamientos "0,04%, 0,06%, 0,08%, 0,05 y 0,00%" de Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, con 14 repeticiones, distribuidos en un módulo de sistema NFT de 42 m<sup>2</sup>. Los datos numéricos registrados incluyeron peso fresco, altura, cantidad de hojas, longitud y anchura de las hojas y tamaño de las raíces. La terapia con 0,08% de nitrato de calcio mostró el rendimiento más alto de 2,78 kg/m<sup>2</sup>, superando de manera notable a los demás tratamientos.

En la localidad de Yanacocha Pasco, Valle y Valle (2020) analizaron el impacto del sistema NFT en el crecimiento vegetal y productividad de seis

variedades de lechuga, utilizando un diseño totalmente aleatorio (DBCA) con cuatro repeticiones por cada variedad de lechuga. Los datos fueron analizados con ANOVA y prueba de Tukey. La variedad Boston presentó el mayor rendimiento con 321 gramos por planta, equivalente a 107,291.63 kg/ha, y el mayor diámetro de la cabeza de lechuga fue un promedio de 27.74 cm.

Mediante el uso del Diseño Completa al Azar (DCA) y cuatro tratamientos, se analizó el impacto de los minerales mencionados en el desarrollo y crecimiento de lechugas en hidroponía (Silicea terra, Natrum muriaticum, mezcla de ambos junto con grupo de control). La distribución de las unidades experimentales de cada tratamiento fue en kits hidropónicos comerciales. Se evaluó el porcentaje de germinación, altura, cantidad de hojas, y peso fresco y seco de las unidades experimentales. Se examinaron las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de los sistemas hidropónicos. Se notó que la silícea terra mejoró la germinación y emergencia, mientras que Natrum muriaticum mejoró el crecimiento vegetal, logrando un peso fresco de 19.4 gramos en contraposición a los 13.91 gramos del grupo control (Moran, 2021).

En la evaluación del crecimiento y desarrollo de cinco variedades de lechuga cultivadas en un sistema NFT hidropónico al aire libre, empleó el DBCA con cuatro repeticiones de cada una de las cinco variedades de lechuga, utilizando doce unidades experimentales por cada una, y posteriormente efectuó el ANOVA. Al comparar los promedios de las variables citadas con el modelo estadístico de Tukey con un nivel de significación de alfa 0,05, se descubrió que tanto el peso fresco como el seco de Romania Rubia, junto con el diámetro y tallo, superaron notablemente a los de las otras unidades experimentales. No se detectaron variaciones importantes en cuanto a altura, cantidad de hojas y longitud de la raíz (Jadán, 2024).

En el proceso de elaboración de lechuga, se contrastó el sistema hidropónico cerrado con la recirculación de una solución nutritiva con el sistema de apertura. Los resultados fueron analizados en diseño experimental BCA con cinco repeticiones por tratamiento, la unidad experimental fue 55 plantas. “En el sistema que permite la recirculación de la solución nutritiva, se logró un ahorro del 20% en agua y del 10.5 % en nutrientes (K, Ca, N-NO<sub>3</sub> y P), en contraste con los sistemas que no requieren recirculación” (Gutiérrez, 2011, p. 58).

La eficiencia y eficacia de los sistemas de cultivo hidropónico son esenciales para los proyectos de inversión en este tipo de cultivo. Pérez y Tellez (2020) el propósito principal de una investigación fue diseñar un plan de negocio, establecieron el tamaño del área de producción, la capacidad y el rendimiento de



los sistemas hidropónicos NFT, la cantidad de materia prima, la composición de los nutrientes, el número de trabajadores y el respaldo logístico para la distribución de los productos, con el fin de cubrir eficazmente la demanda del mercado anualmente prevista en un lapso de 5 años.

## **1.2. Bases teóricas y conceptuales**

### **1.2.1. Lechuga**

#### **Origen**

La lechuga es uno de los alimentos consumidos a nivel del mundo, lo hallamos en diferentes colores y formas, su principal cultivo es en zonas tropicales y en hidroponía en todo el mundo. Saavedra et al., (2017) citando a Valvilov (1992) refiere que "probablemente, el origen de la lechuga se encuentra entre Asia Menor y la cuenca del Mediterráneo" (p.8). Además, citando a Ryder (1999), añade que la "Transición a su forma comestible probablemente tuvo lugar en la zona del Mediterráneo oriental, tal vez en Egipto, posiblemente en la región del Tigris - Eufrates" (p.8). A partir de ahí, con el paso del tiempo, se propagó por toda la región mediterránea. Igualmente, hace referencia a Ryder (1999) para señalar que, "En su segundo viaje, Cristóbal Colón la llevó al Nuevo Mundo; se registró su presencia en la isla Isabella en 1494" (p.8). Durante los 400 años posteriores a su introducción en América, se investigaron y desarrollaron una amplia gama de tipos y formas que se cultivan a escala global.

#### **Característica**

Dentro de las propiedades de la lechuga Japón (1977) se menciona que su cultivo normalmente dura entre 50 y 80 días para las variedades tempranas y 70 a 80 días para las variedades tardías. Su textura es mantecosa o crujiente, se distinguen por su aspecto ondulado, liso o rizado. Algunas variedades presentan hojas arrosietadas al comienzo de su crecimiento y posteriormente forman cogollo. Sus hojas pueden presentar formas diversas, lampiñas y ligeramente dentadas, con tonalidades que varían desde verde a violáceas.

#### **Variedades**

Entre las variedades Japón (1977) las clasifica, en dos grupos, la variedad romana y arropollada. La romana, con hojas más largas que anchas, la nervadura principal alcanza el ápice de la hoja, raramente acogollan o arropollan, poca resistencia al transporte. Por la forma de las hojas y el color de las semillas, sobresalen la romana larga verde, oreja de mulo de semilla negra, larga verde de semilla blanca, larga rubia de semilla blanca, y larga rubia de semilla negra, de floración temprana, con semillas blancas. A diferencia de la variedad arropollada,

que produce un cogollo con hojas tanto largas como anchas, la nervadura principal no alcanza el ápice sin que se ramifique, es resistente al transporte y se divide en dos subgrupos: uno compuesto por la variedad Batavia y Grandes Lagos, de hoja crujiente, y otro compuesto por la variedad Trocadero, de hoja suave y mantecosa.

En el mismo marco. Saavedra et al. (2017) categorizan a *Lactuca sativa* L. en cinco variedades botánicas: *longifolia* (Lam.) Janchen, *augustuana* All., *crispa* (L.), *capitata* (L.) Janchen. Estas generan un cogollo compacto, hojas suaves, relativamente delgadas, orbiculares, anchas, sinuosas y de textura suave y mantecosa. Las hojas más profundas producen un cogollo de color amarillo al envolver las más recientes. La especie *acephala* de Dill. Características de hojas sueltas, dispersas, sin envoltentes, sin forma de cogollo, con una roseta bastante plana, su contenido de antocianos puede ser variable, proporcionando una combinación de colores muy variada, idóneas para el cultivo hidropónico y se asemejan a las denominadas Lollo Rosa, Lollo Bionda, Hoja de Roble, entre otras.

Por otro lado, la lechuga Bohemia es una variedad de Batavia que se distingue por su tamaño grande, abierto y de gran calidad, su producción es para campo abierto durante la estación lluviosa y seca, apta para ser cultivada en invernaderos, con un peso medio de 300g al cosechar, y es resistente a la Mildiú (*Bremia lactucae*) de las razas 1-5,7-10,17. Y, Virus conocido como LMV. Es posible cultivarlo tanto en terreno abierto como en invernadero (Brochure Bohemia.pdf, s.f).

Las características que describen mejor a las variedades de lechugas para esta investigación corresponden a Saavedra et al., (2017) con la variedad *capitata* (L.) Francesa y la variedad *acephala* Dill. Lollo Rosa, mientras que Brochure Bohemia.pdf (s.f) describe a la variedad Bohemia, las cuales son las más cultivadas en sistemas hidropónicos.

### **1.2.2. Crecimiento vegetativo**

La lechuga es una hortaliza que prospera en climas frescos, tolerando heladas leves solo al inicio de su desarrollo. Su crecimiento ideal se da entre 15 y 18°C, aunque temperaturas más bajas (mínimo 12°C) detienen su crecimiento y temperaturas superiores a 24°C debilitan la planta, produciendo cabezas menos compactas y favoreciendo la floración prematura. Es importante considerar que cada variedad de lechuga tiene necesidades térmicas específicas (Saavedra et al., 2017)

El crecimiento vegetativo de la planta consta de varias fases las cuales describiremos de acuerdo con la variable elegidas en el presente estudio. Saavedra et al. (2017) indican que la etapa inicial es la germinación, donde se inicia el

desarrollo de la radícula hasta que se fractura la testa y se inicia la elongación; posteriormente, se presenta la presencia de los cotiledones. Y que, de acuerdo con el tamaño de semillas y manejo, el porcentaje de germinación varía del 75% al 95% respectivamente.

### **Germinación**

En esta etapa de maduración. Valle y Valle (2020), en su estudio sobre el impacto del sistema recirculante hidropónico en el desempeño de seis variedades de lechugas en Pasco, indican que no se observa una variación significativa para las variedades en análisis al nivel de probabilidad del 5% y 1% respectivamente, sin embargo, es preciso resaltar que las variedades Nika y Luna obtuvieron el 95,56% y 91,03% de germinación. Hozano et al. (2018), en su investigación de siete variedades en la germinación y emergencia de lechuga a altas temperaturas en Brasil, mencionan que los cultivares Red Salad Bowl, Salad Bowl Green y Crespa Lollo Bionda sobresalieron con un 81% de germinación y emergencia a temperaturas de 25, 30 y 35°C respectivamente. Dentro de este marco. Garzón (2006) en la evaluación del rendimiento de tres variedades de lechuga bajo el sistema NFT en Honduras, describió la germinación de las variedades Parris con 98%, Vulcano 96% y Verónica 95%, respectivamente.

### **Crecimiento antes del trasplante (ADT)**

En relación al desarrollo y crecimiento de las lechugas, Saavedra et al. (2017) segmentan en cuatro fases: la plántula, la roseta, el encabezamiento (no en todos los tipos) y el periodo reproductivo. Las plántulas producen hojas auténticas y cada hoja nueva es más larga que las primeras. Estas hojas surgen del tallo corto y conforman una roseta plana. Su estructura cambia conforme se desarrolla el crecimiento de la lechuga.

El resultado de la evaluación del crecimiento en emergencia (plantines) tras los 5 días después de la siembra de las variedades Seda, Crespa, Green Salad Bowl y Lollo Rosa, en la investigación sobre el impacto de minerales altamente diluidas (SMADS) en el cultivo hidropónico de plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L.), Morán (2021) informó que no registró diferencias relevantes, en contraposición al grupo control que registró un 67% de emergencia. En ese mismo marco, en el análisis del cultivo de lechuga en sistema hidropónico en Guatemala, Barrios (2004) logró a partir de las variedades Salinas, Bounty y Grand Rapids, que mostraron un 100% de pegue en el sustrato líquido y sólido.

### **Altura de planta**

En la evaluación de cinco variedades de *Lactuca sativa* L. bajo el sistema hidropónico a la intemperie en Ecuador. Jadán (2024) obtuvo resultados con diferencia significativa, a la variedad Regina en un primer lugar con promedio de 2.1 cm a los 5 días del experimento. Por otro lado, a los 20 días, la variedad Romana rubia alcanzó su máxima altura con un promedio de 6.41 cm. A los 35 días, las plantas ya no mostraron variaciones significativas en su altura.

En la investigación acerca del impacto del sistema hidropónico recirculante en la productividad de seis variedades de lechugas en Pasco, Valle y Valle (2020), se determinó que hay una variación notable a los 45 días de DDT. Se descubrió que la variedad Luna posee la mayor altura de la planta, con 15.98 cm, siendo Boston, Duett, Bohemia, Hardy y Nika las siguientes con 15.63, 15.16, 14.16, 13.90 y 12.54 cm respectivamente.

Por otro lado, en la investigación acerca del comportamiento de 11 tipos de lechuga en el sistema NFT en Amazonas. Leiva y colaboradores (2018) lograron:

A la variedad Tropicana, con la mayor altura, con 16,3 cm en promedio, mientras que la que alcanzó menor altura fue la variedad Tonya, con 11,56 cm de altura en promedio. Así mismo, podemos observar que, variedades como Malice, Roxy, Cuatro Estaciones y Bohemia, obtienen promedios similares, con 13,6; 13,84; 13,76 y 13,34 cm en promedio, a los 35 días después del trasplante. (p. 5)

Además, en el estudio acerca del impacto de tres niveles de nitrato de calcio en el desempeño de la variedad Bohemia (lechuga crespa) en cultivo hidropónico en Ayacucho. Prado (2018) informó que, la aplicación adicional de 0,75 kg. ha<sup>-1</sup> de nitrato de calcio en el tratamiento 3 resultó ser notablemente superior en la altura de la planta, alcanzando 25,04 cm. En el testigo que contenía un 0,00% de nitrato de calcio, las plantas mostraron una altura inferior, con una media de 22,93 cm.

### **Diámetro de tallo**

El estudio de la conducta de 11 tipos de lechuga en el sistema NFT en Amazonas. Leiva et al. (2018) señalaron que la variedad Cuatro Estaciones registró el diámetro de tallo más grande, con 20.98 mm, en cambio, la variedad Bohemia logró el menor promedio, con 15.16 mm. Las otras variedades consiguen promedios que se encuentran en este rango sin grandes fluctuaciones.

### **Longitud de hoja**

En relación a la longitud de la hoja de lechuga, el estudio sobre el impacto de tres niveles de nitrato de calcio en el desempeño de la variedad de *Lactuca sativa* L. cultivada en métodos hidropónicos en Ayacucho. Prado (2018):

Concluyó que; existe diferencia significativa, siendo el tratamiento T3 (0,75 kg. ha<sup>-1</sup> de nitrato de calcio), la que desarrolló hojas más largas, con un promedio de 21.85 cm, y el T1 (0,04% de nitrato de calcio) y en el tratamiento control (TC), el largo de las hojas no difiere significativamente, teniendo como promedios 20,45 cm y 20,78 cm respectivamente. Mientras que el tratamiento testigo (0,00% nitrato de calcio) registró el menor promedio de largo de hoja con 20,05 cm. (p. 59)

En la investigación acerca del impacto del sistema de recirculación hidropónica en el desempeño de seis tipos de lechugas en Pasco. Valle y Valle (2020) obtuvo como resultado de la evaluación a los 45 días DDT, a las variedades; Boston, Luana, Duett y Bohemia en un primer nivel, con 17.19, 17.02, 15.93 y 14.80 cm de longitud de hojas, y a las variedades Hardy y Nika en últimos lugares, con 14.58 y 13.48 cm.

### **Ancho de hoja**

En la investigación realizada en Ayacucho, acerca del impacto de tres concentraciones de nitrato de calcio en el desempeño de la variedad de lechuga en hidropónico, se examinó el efecto de tres concentraciones de nitrato de calcio en el rendimiento de la lechuga en hidropónico. Prado (2018) el tratamiento T3, con un 0.8% de nitrato de calcio, registró el promedio más alto de ancho de hojas, con 17.03 cm, superando notablemente a los demás tratamientos (T1, T2, TC y T), siendo este último, el testigo (T), con 15.58 cm, el menor promedio de ancho de hoja.

### **Peso fresco**

En la investigación llevada a cabo en Pasco, acerca del impacto del sistema recirculante hidropónico en el desempeño de seis tipos de lechugas. Valle y Valle (2020) obtuvo diferencia significativa a las 45 DDT, y, a la prueba de Tukey muestra a 5 grupos, la variedad Boston ubicada en un primer nivel, con 321.88 g, seguida por Luana, Duett, Bohemia, con 300.94g, 252.19g y 226.25g. Mientras a Hardy y Nika, con 195.94g y 190.69g, ubicadas en el quinto nivel, respectivamente.

A pesar de esto, en la investigación sobre la conducta de 11 tipos de lechuga en el sistema NFT en Amazonas. Leiva y colaboradores (2018) señalaron que:

Al realizar las mediciones del peso fresco de cada variedad, se encontró que la variedad Curly Green fue la que obtuvo mayor valor de peso fresco (203,36 g), mientras que la variedad Tonya ocupó el segundo lugar, con un promedio en peso fresco de 185,05 g en el momento de cosecha (35 DDT).

A continuación, se situó la variedad Luana con 178,78g, sin embargo, la



diferencia es notable con la variedad Bohemia solo obtuvo en promedio 115,45 g de peso. (p. 5)

En el mismo marco. Prado (2018) en su estudio sobre el impacto de tres niveles de nitrato de calcio en el desempeño de la variedad Bohemia de *Lactuca sativa* L. en cultivo de hidroponía, consiguió:

Los pesos medios de las lechugas hidropónicas tras la cosecha (75 días tras la plantación). El tratamiento 3 registró el peso fresco más alto de la lechuga (185,19 g), correspondiente a la concentración 0,08% de nitrato de calcio. Este registro evidenció una diferencia notable con el resto de los tratamientos, demostrando una diferencia considerable con el resto de los tratamientos. No obstante, en el tratamiento 1 con la concentración más baja de nitrato de calcio (0,04% de nitrato de calcio), la media del peso fresco fue de 174,26 g. En el tratamiento observado (0,00% de nitrato de calcio), las lechugas presentaron un peso fresco inferior (170,74g). (p. 57).

### **1.2.3. Rendimiento**

#### **Densidad de siembra**

Saavedra et al. (2017) describe a dos tipos de lechugas, como es, Milanesa (forman cogollo) y Marina (de hojas sueltas), las cuales se cultivan en sistemas de producción hidroponía en sustrato y agua, cuya densidad registrada para los dos tipos en el cultivo hidropónico en agua es de 200 a 250 mil plantas/ha (de 20 a 25 plantas por m<sup>2</sup>), mientras que, para el cultivo hidropónico en sustrato la densidad de siembra es de 200 a 220 mil plantas/ha (de 20 a 22 plantas por m<sup>2</sup>).

En su estudio, Prado (2018) analizó el impacto de tres niveles de nitrato de calcio en la productividad de la lechuga Bohemia en el cultivo hidropónico en Ayacucho. Se utilizó una superficie de 42m<sup>2</sup> con una densidad de 630, con 15 plantas de lechuga por m<sup>2</sup>.

#### **Rendimiento**

La productividad de las plantaciones hidropónicas puede ser duplicada en comparación con las plantaciones en terreno. El acceso a agua y nutrientes, los grados de radiación y temperatura del entorno, la densidad de plantación o organización de las plantas en el sistema hidropónico, la presencia de patógenos o plagas, entre otros factores, tendrán un impacto significativo en el rendimiento del cultivo. El rendimiento se mide por la cantidad de producto obtenida de una unidad de área de cultivo, normalmente expresado en kilogramos por metro cuadrado (Saavedra et al., 2017).

En el estudio, el impacto del sistema de recirculación hidropónica en el desempeño de seis tipos de lechugas en Pasco. Valle y Valle (2020) obtuvo diferencia significativa en el rendimiento de las variedades de lechuga, encontrando cinco niveles a la prueba de Tukey, la variedad Boston (107 291.63 kg/ha) con el mayor rendimiento, seguido por las variedades Luana (100 833.28 kg/ha), Duett (48 062.48kg/ha), Bohemia (75 416.63kg/ha) y en último nivel a las variedades Hardy (65 312.5kg/ha) y Nika (63 561.7kg/ha), respectivamente.

En cambio, en la investigación, acerca del impacto de tres concentraciones de nitrato de calcio en la productividad de la variedad de lechuga. en Ayacucho, en hidropónico. Prado (2018) obtuvo:

La productividad por planta expresada en kg/m<sup>2</sup> de las lechugas hidropónicas, que fueron sometidas a distintas concentraciones de nitrato de calcio, se expresó en kg/m<sup>2</sup>. Se puede apreciar que el tratamiento T3 (0,08% de nitrato de calcio) registró un rendimiento superior con una mediana de 2,78 kg/m<sup>2</sup>, superando estadísticamente a los rendimientos alcanzados por los tratamientos T1 (0,01% de nitrato de calcio), T2 (0,06% de nitrato de calcio), TC (0.05% de nitrato de calcio) y Testigo (0,00% de nitrato de calcio), donde se alcanzaron rendimientos de 2,62 kg/m<sup>2</sup> y 2,74 kg. (p. 60).

#### **1.2.4. Rentabilidad**

La rentabilidad de los sistemas hidropónicos depende de múltiples factores. Marulanda y Izquierdo (2003) incluyendo el costo inicial de instalación, los costos operativos, el rendimiento de las plantas y los precios de mercado. El coeficiente Beneficio-Costo es un instrumento económico empleado para valorar la factibilidad de estos sistemas, ofreciendo un indicador numérico de la correlación entre las ganancias logradas y los gastos realizados.

En el estudio, emprendimiento de cultivo de lechuga morada y verde cressa hidropónica utilizando la Técnica de Película Nutritiva o NFT en Colombia. Ríos et al. (2021) refiere:

Rentabilidad generada del proyecto es del 160,05%, que supone es la Tasa Interna de Retorno (TIR) la cual corresponde a los generados por los flujos netos de efectivo que se reinvierte en su totalidad. El valor presente neto (VPN) mayor que cero indica que el proyecto es viable, es decir que la inversión efectuada comparada con los flujos esperados de dinero nos dará un rendimiento mayor a la tasa de oportunidad esperada del 18% (Tasa de

descuento). Otro aspecto positivo que se tiene es que se espera el retorno de la inversión en el mes 8. (p.75)

El Beneficio/Costo es una herramienta financiera. En su estudio sobre la producción y venta con sistema hidropónico NFT de lechuga y tomate cherry en Arequipa, Pérez y Tellez (2020) señalan y determinan que el B/C se refiere a la comparación del costo de inversión para toda la producción hidropónica, en comparación con el beneficio que se logrará de esta, con el objetivo de determinar eficazmente la decisión más precisa. En otras palabras, el costo/beneficio nos indica si es apropiado efectuar la inversión o no. El resultado del proyecto fue de S/1.46, lo que significa que, por cada S/1 que se invierte, se logrará un beneficio de S/0.46, respectivamente. Por otro lado, en la investigación económica de lechugas hidropónicas con sistema de raíz flotante en clima semiárido en Ecuador, se realizó un análisis económico. Pertierra y Quispe (2020) concluyó:

Con las premisas fijadas y el análisis técnico-económico, se determinó un costo de producción por unidad de USD 0,49. Con un costo de venta por cada embalaje de USD 0,70, se logró un VAN de USD 31.101,62, (superior a cero), y una TIR del 40%. Este valor superó el porcentaje de descuento. La ratio de ganancia-costo alcanzado fue de 1,26. (p.10).

#### **1.2.5. Hidroponía Técnica de Película de Nutrientes (NFT)**

La hidroponía es un método de cultivo no terrestre que emplea soluciones nutritivas en agua para proporcionar directamente a las plantas los nutrientes indispensables (Resh, 2016). Hay diversas clases de sistemas hidropónicos, ya sean manuales o semiautomáticos, de raíz flotante, NFT o aeropónicos, que utilizan agregados o sustratos en los que las raíces de las plantas se desarrollan y crecen en sustratos inertes (Alvarado et al., 2001).

Hay diversas clases de sistemas hidropónicos, ya sean manuales o semiautomáticos, de raíz flotante, NFT o aeropónicos, que utilizan agregados o sustratos en los que las raíces de las plantas se desarrollan y crecen en sustratos inertes. En el sistema NFT, las raíces de las plantas están en contacto continuo con una fina película de solución nutritiva que fluye por canales ligeramente inclinados, proporcionando un suministro constante de nutrientes y oxígeno (Jensen & Collins, 1985).

Entre las ventajas para el cultivo hidropónico, refieren. Beltrano y Giménez (2015):

Se trata de cultivos exentos de parásitos, bacterias, hongos y polución. Costo de producción disminuido. Colecciones en estación adversa. Posee

menos espacio para una producción más elevada. Ahorro en la utilización de agua, que puede ser reciclada. Costo reducido de pesticidas e insecticidas. Se prescindir de la maquinaria de agricultura. Manejo y limpieza del cultivo. Mayor anticipación en las cosechas. Gran grado de automatización. Calidad superior y superior del producto. Desembolsos elevados por unidad de superficie. Impulso en el procedimiento de cultivo. Oportunidad de recolectar de manera reiterada la misma especie de planta anualmente. Productos exentos de sustancias químicas no nutritivas. (p. 18) Mientras que las desventajas del cultivo hidropónico describen. Alvarado et al. (2001):

El costo inicial para implementar un módulo de producción, el desconocimiento del manejo hortícola y de la técnica en sí. El éxito de la producción hidropónica depende más del conocimiento del manejo hortícola (siembra, riegos, control de plagas y enfermedades, etc.) que del conocimiento de la técnica. (p. 14).

#### **1.2.6. Seguridad alimentaria**

##### **Disponibilidad de alimentos**

El sistema hidropónico NFT permite optimizar el uso de recursos hídricos y espaciales, logrando altas densidades de siembra y una producción continua de lechuga. Según Brenes y Jiménez (2014), esta técnica favorece la eficiencia productiva al recircular nutrientes y controlar las condiciones de crecimiento, asegurando un suministro constante de hortalizas. En contextos como Huanta, esto es crucial para superar las limitaciones de la agricultura convencional y aumentar la oferta de alimentos frescos

##### **Accesibilidad económica**

La hidroponía permite reducir costos de producción mediante el uso eficiente de agua, fertilizantes y espacio. Esto facilita el acceso a alimentos frescos a precios competitivos, especialmente para comunidades rurales y suburbanas (Marulanda & Izquierdo, 2003). Además, el sistema NFT incrementa la rentabilidad para los productores, dejando una opción viable económicamente.

##### **Calidad e inocuidad**

La lechuga hidropónica es reconocida por su alto valor nutricional y baja exposición a contaminantes. Aker et al. (2019) destacan que las Buenas Prácticas Agrícolas en cultivos hidropónicos aseguran la inocuidad de los alimentos al evitar el uso de suelos contaminados y garantizar condiciones controladas de producción, lo que resulta en alimentos libres de plaguicidas y de alta calidad.

### **Estabilidad de la producción**

El sistema NFT es menos susceptible a cambios climáticos adversos, lo que asegura una producción estable a lo largo del año. Esto es clave para mantener la seguridad alimentaria en regiones como Huanta, donde las condiciones climáticas pueden ser un desafío para la agricultura convencional (Raviv & Lieth, 2008).

## **1.3. Definición de términos básicos**

### **1.3.1. Hidroponía**

Se refiere a cualquier sistema que no utiliza el suelo para su crecimiento, en el que las raíces obtienen una solución nutritiva balanceada disuelta en agua con todos los componentes químicos indispensables para el crecimiento de las plantas, pudiendo incluir o no cualquier sustrato para sostener la radícula. (Resh, 2016).

### **1.3.2. Solución nutritiva**

Se refiere a la solución nutritiva al agua que contiene oxígeno (O<sub>2</sub>) y todos los nutrientes vitales para las plantas, completamente disueltos en una forma inorgánica totalmente disuelta. Sin embargo, en la solución pueden aparecer formas orgánicas disueltas, originadas por los microelementos en forma de quelato. (Baixauli y Aguilar, 2002)

### **1.3.3. Sistema NFT**

Método hidropónico donde una fina capa de solución nutritiva fluye de manera constante sobre las raíces de las plantas, asegurando un abastecimiento constante de nutrientes y oxígeno. (Jensen & Collins, 1985).

### **1.3.4. *Lactuca sativa L***

Especie de planta anual de la familia Asteraceae, comúnmente conocida como lechuga, cultivada principalmente por sus hojas que se consumen en ensaladas (Morgan, 2011).

### **1.3.5. Crecimiento vegetativo**

Son las etapas de crecimiento de una planta caracterizada por el incremento en tamaño y biomasa, involucrando la formación de hojas, tallos y raíces. (Beltrano y Giménez, 2015).

#### 1.4. Hipótesis de investigación

La variedad Bohemia tiene mejor respuesta productiva al sistema hidropónico NFT con cobertura en Huanta.

#### 1.5. Operacionalización de las variables

**Tabla 01.**

*Operacionalización de las variables*

<b>Variables</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Valores finales</b>
<b>Variedades de lechugas : Bohemia (T1), Lollo Rosa (T2) y Francesa (T3)</b>	<b>Crecimiento vegetativo</b>	Porcentaje de germinación	Numérico	%
		Porcentaje de crecimiento ADT	Numérico	%
		Altura de planta	Numérico	cm
		Diámetro de tallo	Numérico	mm
		Longitud de hojas	Numérico	cm
		Ancho de hojas	Numérico	cm
		Peso fresco	Numérico	g
	<b>Rendimiento</b>	Densidad de siembra	Numérico	N° plantas/área
		Rendimiento	Numérico	Kg/m <sup>2</sup>
	<b>Rentabilidad</b>	Índice Beneficio-Costo	Numérico	B/C

## **CAPÍTULO II**

### **DISEÑO METODOLÓGICO**

#### **2.1 Ubicación del campo experimental**

El experimento se realizó en el centro de producción hidropónica “D´etallitos Verdes” de propiedad de la familia Vega Yaranga, ubicada en el sector Espiritu Santo del distrito y provincia de Huanta, departamento de Ayacucho, a una altitud de 2,627 m.s.n.m. con precipitación promedio de 494.4 mm anuales, temperatura diurna que oscila entre 16°C a 24°C y nocturnas de 8°C a 15°C, la humedad relativa media es del 62.3%, incrementándose durante las temporadas de verano (lluvias) desde finales de diciembre hasta finales de marzo y disminuyendo durante las temporadas de invierno (seco) desde finales de junio hasta finales de agosto. Las coordenadas geográficas se encuentran en: 12o 57'20.8" S y 74o 14'37.3" W. (Servicio de Agua Potable y Desagüe de Agua Potable). Presenta un clima variado influenciado por su ubicación geográfica y altitud.

#### **2.2 Tipo y nivel de investigación**

Este estudio es de carácter práctico, pues tiene como objetivo producir conocimiento útil y soluciones específicas para la mejora del cultivo de *Lactuca sativa* L. en sistemas hidropónicos NFT con cobertura en Huanta. Según Hernández et al. (2014) las investigaciones aplicadas tienen como objetivo resolver problemas específicos y contribuir al desarrollo tecnológico, en este caso, de sistemas agrícolas innovadores adaptados a condiciones locales.

La naturaleza de este estudio es explicativa, ya que tiene como objetivo examinar las conexiones causales entre las condiciones del sistema hidropónico NFT y el comportamiento de las variedades de *Lactuca sativa* L. analizadas. Hernández et al. (2014) sostienen que las investigaciones explicativas tienen como propósito identificar las causas que determinan ciertos fenómenos, lo que se aplica en esta investigación al estudiar cómo el sistema afecta el crecimiento, rendimiento y rentabilidad de las variedades.

## **2.3 Métodos de investigación**

En esta investigación se emplearon técnicas deductivas, ya que se fundamentan en una hipótesis general basada en investigaciones anteriores que indican que la variedad Bohemia desempeña mejor en sistemas hidropónicos (Leiva et al., 2018; Prado, 2018), y se diseñan experimentos para comprobarla. Y, experimental, según Kerlinger y Lee (2002), este método permite manipular variables bajo condiciones controladas para observar sus efectos, lo cual es clave para evaluar las respuestas de las variedades a las condiciones específicas del sistema NFT.

## **2.4 Diseño de investigación**

Describe la estructura operativa específica que se empleará para recolectar y analizar los datos, que para nuestro caso fue experimental, pues, es el paso más detallado, que organiza y operativiza los elementos anteriores en un plan concreto (Hernández et al., 2014).

## **2.5 Población y muestra**

### **2.5.1 Población**

La población se conformó por 200 plantas de Bohemia, 200 de Lollo Rosa y 200 de Francesa, ubicadas bajo las mismas circunstancias en sistemas NFT con cobertura en Huanta.

### **2.5.2 Muestra**

La muestra de cada variedad fue 20 unidades experimentales, de cada variedad, haciendo un total de 80 plantas en total para la evaluada en cuatro fechas a los 7, 14, 21 y 31 días después del trasplante (DDT) para analizar el crecimiento vegetativo, rendimiento y rentabilidad.

### **2.5.3 Diseño experimental**

El diseño experimental específico utilizado fue Diseño Completamente Aleatorizado (DCA). Las unidades experimentales de cada variedad Francesa, Bohemia y Lollo Rosa fueron distribuidas al azar en el campo experimental, del sistema hidropónicos NFT. La aleatorización minimiza el sesgo y las diferencias no controladas entre las unidades experimentales (Kerlinger y Lee, 2002). Asegurando que cualquier efecto observado sea atribuible a las variedades de lechuga y no a factores externos.



El DCA hace más sencillo el análisis estadístico, lo que simplifica la comprensión de los hallazgos. El método de análisis de varianza (ANOVA) fue empleado para valorar las variaciones en los efectos de los tratamientos. El análisis estadístico se simplifica con el DCA, lo que simplifica la comprensión de los resultados. Se empleó el enfoque de análisis de varianza (ANOVA) para analizar las variaciones en los efectos de los tratamientos.

#### **2.5.4 Técnicas de muestreo**

La técnica empleada fue de muestreo aleatorio simple donde cada lechuga trasplantada tiene una oportunidad igual de ser seleccionada para las mediciones en las fechas de evaluación. Esto garantiza que la información recolectada sea representativa de las tres variedades de lechugas que se cultivan en el sistema NFT.

Scientia Horticulturae (2020) empleó el muestreo aleatorio simple para estudiar el rendimiento de cultivos hidropónicos bajo diferentes condiciones de luz y nutrientes. La aleatorización garantizó que las variaciones en los datos se debieran a los tratamientos aplicados y no a la selección de muestras.

### **2.6 Técnica e instrumentos de recopilación de datos**

Según las particularidades del estudio, se utilizaron diversas técnicas para la recopilación de información exacta y pertinente sobre las variables de interés. Estas técnicas fueron:

#### **2.6.1 Observación directa**

Se registró un desarrollo vegetal en el sistema hidropónico NFT con cobertura. La observación se realizó en intervalos regulares (7, 14, 21 y 31 días después del trasplante) para registrar cambios en las variables dependientes. Esto proporcionó datos en tiempo real y permitió un seguimiento continuo del desarrollo de las plantas.

#### **2.6.2 Medición**

Se utilizó instrumentos de medición para cuantificar las variables de crecimiento vegetativo y rendimiento. Esta técnica permite obtener datos precisos sobre la altura de las plantas, el diámetro del tallo, el peso total y otras características específicas. El método ofreció exactitud y precisión en los datos recolectados.

### **2.6.3 Calibrador Vernier digital, cinta métrica y regla**

Se utilizó para medir la altura de las plantas, el diámetro del tallo, el diámetro de la copa y la longitud y ancho de las hojas. Herramientas simples pero efectivas para obtener medidas precisas de las dimensiones vegetativas.

### **2.6.4 Balanza electrónica**

Se empleó para medir el peso de las plantas de lechugas y se establecieron el peso radicular, total y seco. Ofrece medidas exactas del peso de las plantas, vitales para valorar el rendimiento y desarrollo de estas.

### **2.6.5 Dispositivo de registro visual**

Se utilizó para documentar en forma visualmente el crecimiento y desarrollo de las plantas a lo largo de fechas anteriormente señaladas. El registro visual sirve en el análisis y como evidencia complementaria a los datos numéricos.

## **2.7 Técnica de procesamiento de datos**

### **2.7.1 Revisión y codificación de datos**

Tras la recolección de datos, se realizó una revisión exhaustiva para verificar la integridad y coherencia de la información. Se buscó errores o inconsistencias y se corrigió antes de proceder al análisis. Los datos recolectados se codificaron para facilitar su entrada y análisis en programas estadísticos. A cada variable se asignó un código único, y se utilizó formatos estandarizados para todas las mediciones. Esta técnica asegura que los datos sean precisos y estén completos.

### **2.7.2 Software de análisis de datos**

Se procesaron y analizaron los datos recolectados en programas como Excel, APSS utilizados para realizar análisis estadísticos.

### **2.7.3 Análisis estadístico de datos**

El programa estadístico SPSS procesó los datos obtenidos de las variables evaluadas de cada tratamiento, los cuales fueron sometidos a pruebas de análisis de varianza (ANOVA). Esta técnica permite valorar la relevancia de las diferencias entre grupos y pruebas de rango múltiple de Tukey para detectar las diferencias concretas entre las medias de las variedades con un nivel de significancia del 0.05% (Morán, 2021).

Rendimiento con la técnica de análisis descriptivo y figura de barras, software Microsoft Excel.

Para la Rentabilidad, el Índice Beneficio-Costo (B/C) es una metodología económica y financiera empleada para determinar la factibilidad económica de una inversión, actividad o proyecto relacionados con agricultura, la industria, el medio ambiente y la infraestructura. con la técnica de análisis financiero, software Microsoft Excel para el cálculo de Índice Beneficio-Costo (B/C) (Mendoza, 2017).

## CAPÍTULO III

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En el sector denominado Espíritu Santo ubicado en el distrito y provincia de Huanta, el mes de noviembre del 2023 se instaló un experimento de cultivo en sistema NFT hidropónico con el objetivo de comparar las variables de porcentaje de germinación, crecimiento antes del trasplante (ADT), crecimiento vegetativo, rendimiento y rentabilidad de las variedades de Francesa, Lollo Rosa y Bohemia de *Lactuca sativa* L. Después de 31 días el 23 de enero del 2024, los resultados observados fueron analizados obteniendo las siguientes tablas.

#### 3.1 Crecimiento vegetativo

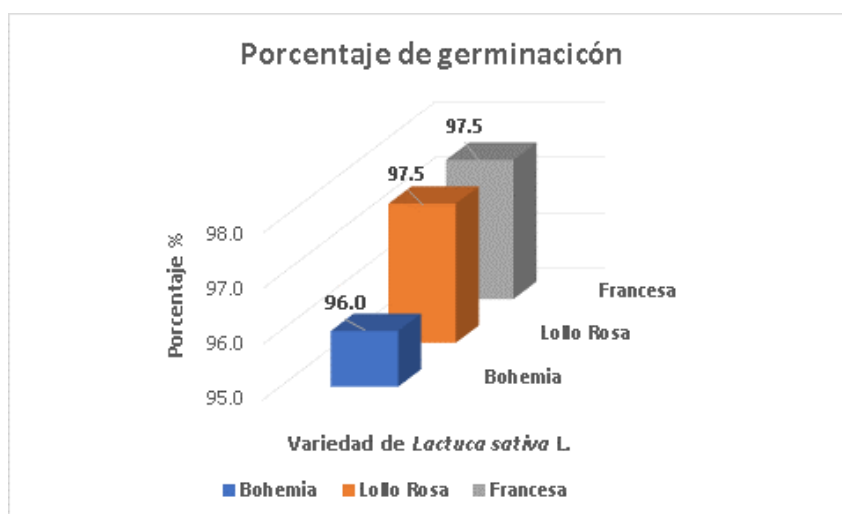
**Tabla 02.**

*Porcentaje de Germinación de las Variedades de Lactuca sativa L.*

VARIEDAD	Semilla sembradas	Semillas NO germinadas	Semillas germinadas	% Germinación
Bohemia	200	8	192	96.0
Lollo Rosa	200	5	195	97.5
Francesa	200	5	195	97.5

**Figura 01.**

*Porcentaje de Germinación de las Variedades de Lactuca sativa L*



Los resultados muestran que las variedades Lollo Rosa y Francesa tienen un porcentaje de germinación ligeramente superior (97.5%) comparado con la

variedad Bohemia (96%). Esta diferencia, aunque pequeña, sugiere una leve ventaja en la capacidad de germinación para las variedades Lollo Rosa y Francesa.

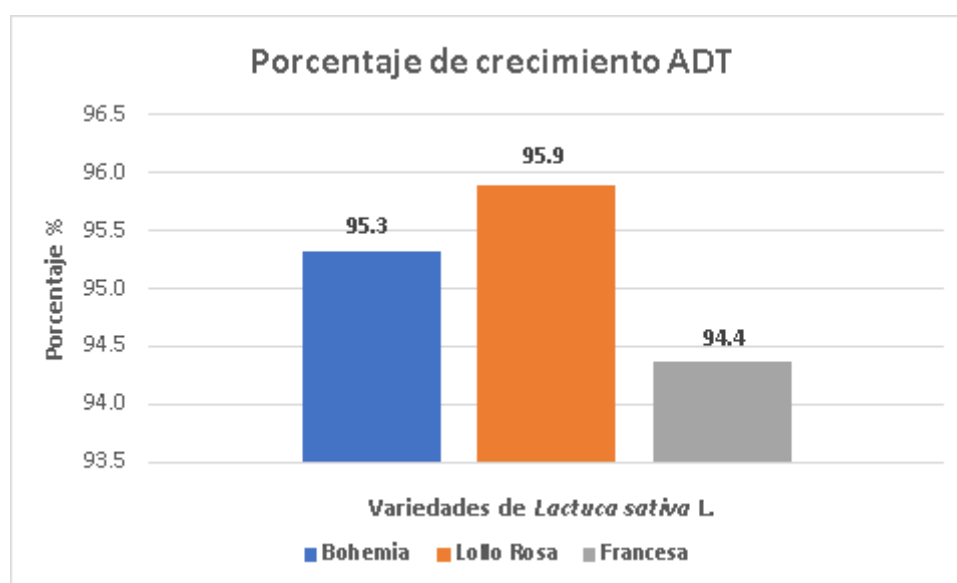
**Tabla 03.**

*Porcentaje de crecimiento ADT de Variedades de Lactuca sativa L.*

VARIEDAD	Semillas germinadas	Plantas que no crecieron ADT	Plantas saludables y enraizadas	% Crecimiento ADT
<b>Bohemia</b>	192	9	183	95.3
<b>Lollo Rosa</b>	195	8	187	95.9
<b>Francesa</b>	195	11	184	94.4

**Figura 02.**

*Porcentaje de crecimiento ADT de Variedades de Lactuca sativa L.*



Los resultados indican que la variedad Lollo Rosa tiene el porcentaje de crecimiento ADT más alto (95.9%), seguida por Bohemia (95.3%) y Francesa (94.4%). Aunque las diferencias no son muy grandes, estos datos sugieren que la Lollo Rosa podría tener una ligera ventaja en términos de establecimiento exitoso después del trasplante.

**Tabla 04.***Análisis de varianza de altura de Lactuca sativa L.*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	124,646	2	62,323	<b>204,621</b>	0,000
Dentro de grupos	17,361	57	0,305		
Total	142,007	59			

De acuerdo con el estudio de varianza de altura (cm) realizado en Lactuca sativa durante 31 días, se observa una gran diferencia estadística debido a que la probabilidad de rechazo de la hipótesis nula propuesta fue muy elevada (Sig. 0,000). Esto implica llevar a cabo la comparación de los promedios de altura de las plantas a través del modelo estadístico de Tukey con un nivel de significación de 0,05, los cuales se presentan en la Tabla 05.

**Tabla 05.***Comparación de los promedios de altura de Lactuca sativa L.*

Lechuga	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Francesa	20	20.3550		
Lollo rosso	20		21.1450	
Bohemia	20			23.7300
Sig.		1.000	1.000	1.000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				

La variedad Bohemia en 31 días alcanzó una altura media de 23,73 cm significativamente mayor que las variedades Lollo Rosa (21,15) y Francesa (20,36) cm; es debido a que la bohemia es una variedad está adaptada a la zona Huanta.

**Tabla 06.***Análisis de varianza del diámetro del tallo de Lactuca sativa L.*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	48.764	2	24.382	<b>174.268</b>	0.000
Dentro de grupos	7.975	57	0.140		
Total	56.739	59			

De acuerdo con el análisis de varianza, el diámetro del tallo (mm) de Lactuca sativa observado durante 31 días presenta una alta variabilidad estadística, ya que la probabilidad de rechazo de la hipótesis nula propuesta fue muy elevada (Sig. 0,000). Esto implica llevar a cabo la comparación de los promedios de altura de las plantas a través del modelo estadístico de Tukey con un nivel de significación de 0,05, los cuales se presentan en la Tabla 11.

**Tabla 07.**

*Comparación de promedios de diámetro del tallo de tres variedades de lechuga.*

Lechuga	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Francesa	20	12.1250		
Lollo rosso	20		12.7850	
Bohemia	20			14.2800
Sig.		1.000	1.000	1.000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				

La variedad Bohemia en 31 días alcanzó un diámetro de 14.28 mm significativamente mayor que las variedades Lollo Rosa (12.79) y Francesa (12.13) mm; es debido a que la bohemia es una variedad está adaptada a la zona Huanta.

**Tabla 08.**

*Análisis de varianza de longitud de la hoja Lactuca sativa L*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	158,413	2	79,207	<b>244,398</b>	0.000
Dentro de grupos	18,473	57	0,324		
Total	176,886	59			

De acuerdo con el estudio de varianza en la longitud de las hojas (cm) de Lactuca sativa realizado en 31 días, se observa una gran diferencia estadística debido a que la probabilidad de rechazo de la hipótesis nula propuesta fue muy elevada (Sig. 0,000). Esto implica llevar a cabo el contraste de los promedios de altura de las plantas a través del modelo estadístico de Tukey con un nivel de significancia de 0,05, cuyos resultados se presentan en la Tabla 07.

**Tabla 09.**

*Comparación de promedios de longitud de hoja de tres variedades de lechuga*

Lechuga	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Francesa	20	17.5750		
Lollo rosso	20		19.0250	
Bohemia	20			21.5100
Sig.		1.000	1.000	1.000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				

La variedad Bohemia en 31 días alcanzó una longitud de hoja de 22,01 cm significativamente mayor que las variedades Lollo Rosa (19,03) y Francesa (17,58) cm; es debido a que la bohemia es una variedad adaptada a la zona Huanta.

**Tabla 10.**

*Análisis de varianza de ancho de la hoja de Lactuca sativa L*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	61,289	2	30,645	<b>157,187</b>	0,000
Dentro de grupos	11,113	57	0,195		
Total	72,402	59			

De acuerdo con el estudio de varianza en el ancho de hojas (cm) de Lactuca sativa realizado en 31 días, se observa una gran diferencia estadística debido a que la probabilidad de rechazo de la hipótesis nula propuesta fue muy elevada (Sig. 0,000). Esto implica llevar a cabo la comparación de los promedios de altura de las plantas a través del modelo estadístico de Tukey con un nivel de significación de 0,05, los cuales se presentan en la Tabla 09.



**Tabla 11.**

*Comparación de promedios del ancho de la hoja de Lactuca sativa L.*

Lechuga	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Francesa	20	14.1450		
Lollo rosso	20		15.5250	
Bohemia	20			16.6150
Sig.		1.000	1.000	1.000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				

La variedad Bohemia en 31 días alcanzó una un ancho de hoja de 16,62 cm significativamente mayor que las variedades Lollo Rosa (15,53) y Francesa (14,15) cm; es debido a que la bohemia es una variedad está adaptada a la zona Huanta.

**Tabla 12.**

*Análisis de varianza de peso fresco de Lactuca sativa L*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3,522,697	2	1,761,349	<b>88,200</b>	0.000
Dentro de grupos	1,138,288	57	19,970		
Total	4,660,985	59			

De acuerdo con el estudio de varianza en el peso fresco (g) de Lactuca sativa realizado en 31 días, se observa una gran diferencia estadística debido a que la probabilidad de rechazo de la hipótesis nula propuesta fue muy elevada (Sig. 0,000). Esto implica llevar a cabo la comparación de los promedios de altura de las plantas a través del modelo estadístico de Tukey con un nivel de significación de 0,05, los cuales se presentan en la Tabla 13.

**Tabla 13.**

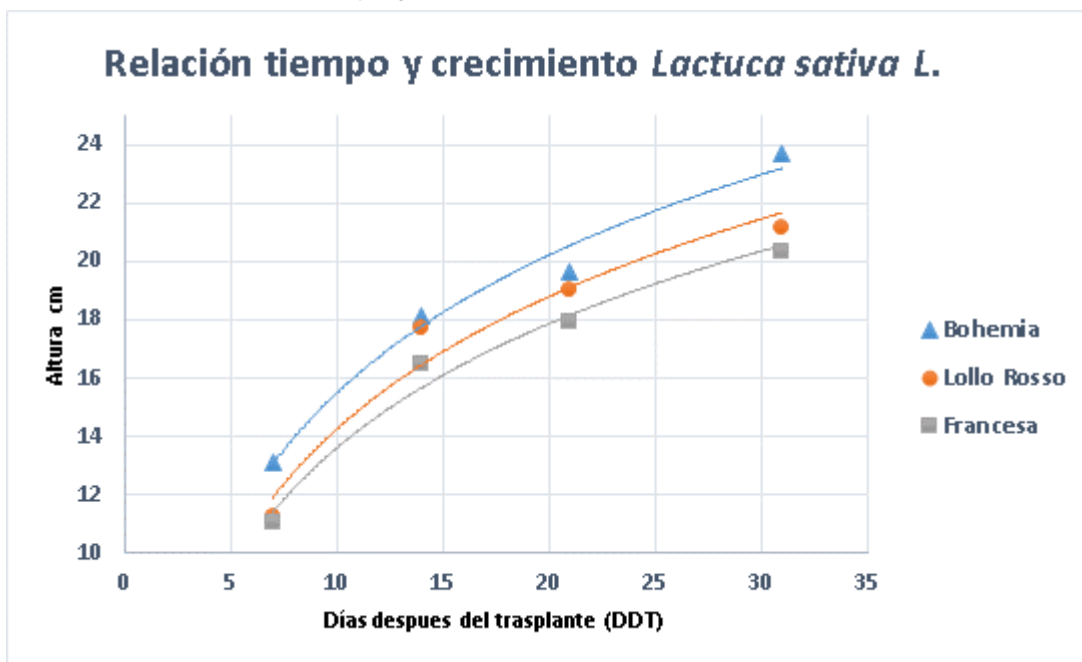
*Comparación de promedios de peso fresco de Lactuca sativa L*

Lechuga	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Francesa	20	159.6960		
Lollo rosso	20		164.5900	
Bohemia	20			177.8350
Sig.		1.000	1.000	1.000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				

La variedad Bohemia en 31 días alcanzó un peso fresco medio de 177,86 g significativamente mayor que las variedades Lollo Rosa (164,59) y Francesa (159,71) g; es debido a que la bohemia es una variedad está adaptada a la zona Huanta.

**Figura 03.**

*Análisis de relación de tiempo y crecimiento de Lactuca sativa L*



Después de la siembra a los 30 días se procedió al trasplante en las bancadas constituidas por tubos con solución nutritiva recirculante, la evaluación fue en periodos de 7, 14, 21 y 31 días a las tres variedades de lechuga, registrando datos como de crecimiento de altura (cm), en la relación tiempo y crecimiento podemos observar en un primer nivel a la variedad Bohemia, seguida por Lollo Rosa y Francesa.

### 3.2 Rendimiento

**Tabla 14.**

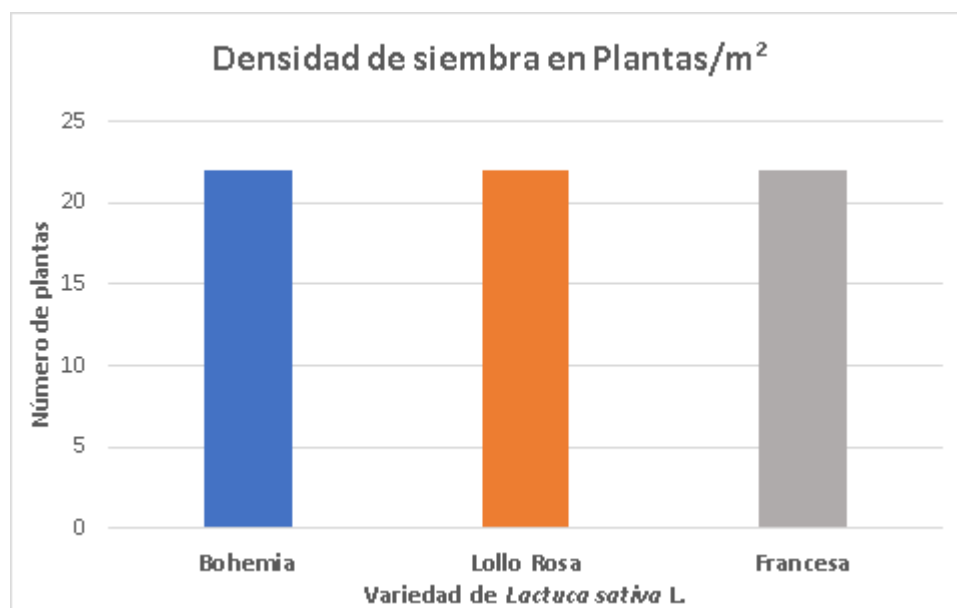
*Densidad de siembra de variedades de Lactuca sativa L. a 31DDT*

VARIEDAD	N° PLANTAS	m <sup>2</sup>	Densidad Plantas/m <sup>2</sup>
<b>Bohemia</b>	22	1	22
<b>Lollo Rosa</b>	22	1	22
<b>Francesa</b>	22	1	22

La densidad de siembra para las tres variedades de *Lactuca sativa* L. es de 22 Plantas/m<sup>2</sup> por estar en un sistema hidropónico NFT con las mismas características para su producción.

**Figura 04.**

*Densidad de siembra de variedades de Lactuca sativa L a 31 DDT*



En la figura se observa a las tres variedades en un mismo nivel por tener la densidad de 22 Plantas/m<sup>2</sup> para todas.

**Tabla 15.**

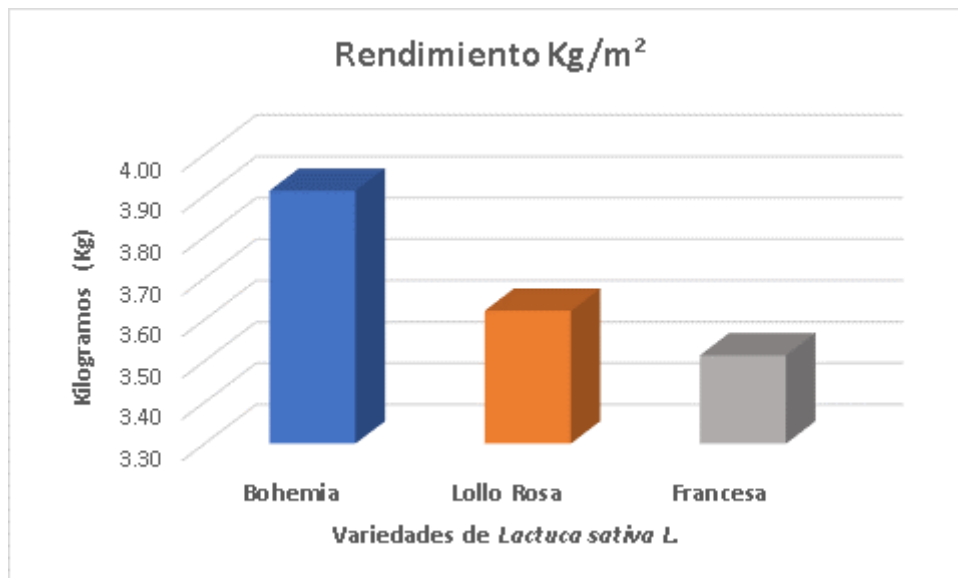
*Rendimiento de variedades de Lactuca sativa L a 31 DDT*

VARIEDAD	Densidad Plantas/m <sup>2</sup>	Peso promedio g	Rendimiento Kg/m <sup>2</sup>
Bohemia	22	177.8	3.91
Lollo Rosa	22	164.6	3.62
Francesa	22	159.7	3.51

La tabla muestra en un primer nivel a la variedad Bohemia con 3.91 Kg/m<sup>2</sup> superior a los rendimientos de las lechugas Lollo Rosa con 3.62 Kg/m<sup>2</sup> y Francesa. 3.51Kg/m<sup>2</sup>.

**Figura 05.**

*Rendimiento de variedades de Lactuca sativa L*



El la figura nos muestra en un primer nivel de rendimiento a la variedad Bohemia, seguida por la variedad Lollo Rosa y Francesa.

### 3.3 Rentabilidad

**Tabla 16.**

*Rentabilidad de variedades de Lactuca sativa L*

CONCEPTO	PERIODO DE INVERSIÓN	AÑOS			Variedades de <i>Lactuca sativa L.</i>			
		0	1	2	3	Bohemia	Lollo Rosa	Francesa
(+)Ventas Lollo Rosa			35,013.12	35,013.12	35,013.12		105,039.36	
(+)Ventas Bohemia y Francesa			26,259.84	26,259.84	26,259.84	78,779.52		78,779.52
(-)Inversión	14,318.50					14,318.50		
(-)Costos fijos			7,500.00	7,500.00	7,500.00	22,500.00	22,500.00	22,500.00
(-)Costos variables			1,912.59	1,912.59	1,912.59	5,737.78	5,737.78	5,737.78
(-)Depreciación			973.33	973.33	973.33	2,920	2,920	2,920
<b>(=)Saldo Económico</b>	-14,318.50	24,627.19	24,627.19	24,627.19	24,627.19	47,621.74	73,881.58	47,621.74
(-)Impuesto			240.00	240.00	240.00	720.00	720.00	720.00
<b>Saldo Financiero</b>	-14,318.50	24,387.19	24,387.19	24,387.19	24,387.19	46,901.74	73,161.58	46,901.74

En el análisis económico se consideró, costos de inversión para el año cero 14,318.50 soles, costos fijos 22,500.00, costos variables 5,737.78 soles, depreciación 2,920 soles, impuesto 720.00 soles y precio de venta de la variedad Bohemia y Francesa S/1.50 cada una, mientras Lollo Rosa con S/2.00 respectivamente.

**Tabla 17.**

*Proyección del Índice Beneficio/Costo al tercer año de producción de Lactuca sativa L. en el sistema hidropónico NFT*

Concepto	VALOR		
	Bohemia	Lollo Rosa	Francesa
Suma de ingresos (Beneficio)	S/. 70,518.81	S/. 94,025.07	S/. 70,518.81
Suma de egresos (costos)	S/. 28,535.11	S/. 28,535.11	S/. 28,535.11
Costo + inversión	S/. 42,853.61	S/. 42,853.61	S/. 42,853.61
B/C	1.65	2.19	1.65

La relación beneficio costo de 2.19 de la variedad Lollo Rosa es superior a 1.65 de las variedades Bohemia y Francesa, porque, la suma de sus ingresos supera a la suma de los egresos en un 65% para Bohemia y Francesa, mientras que Lollo Rosa supera en un 119% de rentabilidad al tercer año de producción. Los dos índices superan el valor 1 para ser aceptable y obtener rentabilidad de la inversión.

### 3.4 **Discusión de resultados**

#### **Crecimiento vegetativo**

La primera fase de crecimiento vegetal de las variedades de *Lactuca sativa* L. examinadas en este estudio, registró un primer nivel para Lollo Rosa y Francesa con un 97.5% y Bohemia con un 96 % de germinación. Esto supera lo que Valle y Valle (2020) registraron en Pasco, donde alcanzaron un 95.56% para la variedad Nika y un 88.89% para Bohemia. En contraposición, Hozano et al. (2018), en su investigación sobre siete cultivares en la germinación y emergencia de lechuga a altas temperaturas en Brasil, mencionan que los cultivares Red Salad Bowl, Salad Bowl Green y Crespa Lollo Bionda sobresalieron con un 81% de germinación y emergencia a temperaturas de 25, 30 y 35°C, inferiores a las registradas en el presente estudio. Las semillas son susceptibles a las condiciones ambientales, especialmente a la temperatura y humedad para la fase de germinar.

Morán (2021) logra promedios del porcentaje de emergencia del 67% al 100% en el cultivo hidropónico de plantas de lechuga, al evaluar el impacto de las SMADs en el cultivo hidropónico de lechuga. Los resultados hallados en la presente investigación no difieren pues se tiene promedios que estando dentro de los márgenes con 95.9% para la variedad Lollo Rosa, Bohemia con 95.3% y 94.4% la variedad Francesa.

El estudio de varianza realizado bajo un Diseño Completamente al Azar resultó ser relevante entre las variedades analizadas, incluyendo la altura de la planta, el diámetro del tallo, la longitud y anchura de la hoja, y el peso fresco en el cultivo hidropónico.

La Tabla 05, muestra los resultados obtenidos para la altura de planta evidenciando que la variedad Bohemia alcanzó la mayor altura promedio (23,73 cm) en 31 días DDT., superior a las dos variedades Lollo Rosa (21,15 cm) y Francesa (20,36 cm), este resultado difiere de los resultados de Jadán (2024) en Ecuador, que encontró diferencias significativas en altura de planta en etapas tempranas del cultivo hidropónico. Sin embargo, las diferencias desaparecieron a los 35 días DDT, mientras que Valle y Valle (2020) en Pasco, reportó a la variedad Luna como la de mayor altura (15,98 cm), seguido de otras variedades, incluida Bohemia con 14.16 cm. a los 45 días DDT. Leiva et al. (2018) observaron a Tropicana como la variedad con mayor altura (16,3 cm), y a Bohemia mostrando un promedio más bajo (13,34 cm) a los 35 días DDT., Comparativamente, los resultados actuales posicionan a Bohemia con un desempeño significativamente superior bajo el sistema hidropónico NFT con cobertura en Huanta. Prado (2018) a los 75 días después de la siembra, concluyó que Bohemia alcanzó su mayor altura (25,04 cm) con un tratamiento

específico de nitrato de calcio. En este estudio, la altura de 22,93 cm obtenida sin tratamientos adicionales es consistente con el potencial productivo de Bohemia (23,73 cm) reportado previamente.

En la Tabla 07 se muestra la media del diámetro del tallo. En el análisis de medias, sobresale la variedad Bohemia con 14.28 mm en comparación con las otras variedades, menor a 15.16 mm obtenidos a 35 días DDT por Leiva et al. (2018) en el estudio del comportamiento productivo de 11 variedades de lechuga en el sistema hidropónico NFT en Amazonas.

En la Tabla 09 en la comparación de promedios de longitud de hoja, destaca con 21.51 cm a la variedad Bohemia sobre Lollo Rosa y Francesa respectivamente, siendo este superior a lo reportado por Prado (2018) para el tratamiento sin la adición de nitrato de calcio en el cultivo de Bohemia con un promedio de 20.05 cm a los 75 días después de la siembra, así mismo Valle y Valle (2020) en Pasco, reportó valor inferior con 14.80 cm de longitud de hoja para la variedad Bohemia a los 45 días DDT.

En la Tabla 11 se muestra a la variedad Bohemia en los 31 días alcanzó un ancho de hoja de 16,62 cm significativamente mayor que las variedades Lollo Rosa y Francesa, pero, inferior a lo reportado por Prado (2018) donde destaca al tratamiento con adición de 0.8% de nitrato de calcio con 17.03 cm., a la vez, refiere que para el tratamiento sólo con solución nutritiva obtuvo 15.58 cm en el ancho de hoja de la variedad Bohemia, siendo este resultado inferior a lo obtenido en la presente investigación.

En relación al peso fresco, en la comparación de promedios, la Tabla 13 resalta la variedad Bohemia con un peso de 177.84 g a los 61 días tras la siembra, lo que supera lo que Prado (2018) registró en el impacto de tres concentraciones de nitrato de calcio en el rendimiento de la variedad Bohemia en hidroponía en Ayacucho, el tratamiento con sólo solución nutritiva obtuvo un promedio de 170.74 g a los 75 días después de la siembra, mientras, Leiva et al., (2018) obtuvo como uno de sus resultados inferiores a la variedad Bohemia con 115,45 g de peso a los 35 DDT, por otra parte, Valle y Valle (2020) en la evaluación de rendimiento de seis variedades de lechugas en sistema hidropónico en Pasco a los 45 DDT, ubicó en un cuarto lugar con 226.25 g de peso para la variedad Bohemia.

### **Rendimiento**

En la Tabla 14 densidad de siembra, las tres variedades de *Lactuca sativa* L. tienen la misma densidad de 22 plantas por m<sup>2</sup> pues todas están en un mismo sistema hidropónico NFT con las mismas condiciones de distanciamiento para todas las variedades. De manera similar a la descripción de Saavedra et al. (2017)

en la que considera para cultivos hidropónicos con agua una densidad de 20 a 25 plantas por m<sup>2</sup>. Mientras, Prado (2018) en la investigación desarrollada en Ayacucho consideró una densidad de 15 plantas por m<sup>2</sup>, inferior al presente estudio.

Para el rendimiento, la Tabla 15, muestra a la variedad Bohemia en un primer lugar con 3.91 Kg/m<sup>2</sup>, superior a lo obtenido por Prado (2018) en el tratamiento sin adición de nitrato de calcio con 2.56 Kg/m<sup>2</sup> para Bohemia.

### **Rentabilidad**

En la Tabla 17 de Índice Beneficio – Costo (B/C) de las variedades de *Lactuca sativa* L. cultivadas en un sistema NFT en Espíritu Santo – Huanta, proyectadas al tercer año, obtuvo 2.19 IBC la variedad Lollo Rosa, siendo su rentabilidad del 119%, frente al IBC 1.65 para las variedades Bohemia y Francesa con una rentabilidad del 65%, respectivamente. Estos resultados son inferiores a los resultados de Ríos et al. (2021) obtenidos en su investigación sobre cultivo de lechuga morada y verde crespa en hidroponía NFT en Colombia, con 160.05%. No obstante, supera los hallazgos del estudio de Pérez y Tellez (2020) sobre la elaboración y venta de lechuga y tomate cherry en Arequipa, con un resultado de 1.46 de IBC. De forma parecida, Pertierra y Quispe (2020) en su estudio económico sobre la lechuga hidropónica bajo un sistema de raíz flotante en un clima semiárido en Ecuador, lograron obtener un IBC de 1.26 respectivamente.

El índice beneficio-costos de 2.19 y 1.65 en la investigación implica que el sistema hidropónico NFT con cobertura en Huanta no solo es sostenible sino también económicamente viable. Este resultado es de gran importancia para los agricultores locales, ya que proporciona una base cuantitativa para tomar decisiones sobre la inversión en este tipo de sistemas de cultivo. La rentabilidad obtenida respalda la adopción de tecnologías hidropónicas avanzadas para mejorar la producción agrícola en la región.



## CONCLUSIONES

- En la primera fase del crecimiento vegetativo, destacaron las variedades Lollo Rosa y Francesa con 97.5% de germinación, además, la variedad Lollo Rosa ocupó el primer lugar con 95.9% en crecimiento antes del trasplante. A sí mismo, de las unidades experimentales a los 31 días después del trasplante, se diferenció significativamente la variedad Bohemia con una altura de planta 23.73 cm., diámetro de tallo 14.28 mm., longitud de hoja 21.51 cm., ancho de hoja 16.62 cm. y peso fresco con 177.84 g.
- La densidad de siembra para las tres variedades fue de 22 plantas/m<sup>2</sup> en el sistema hidropónico. El rendimiento de la variedad Bohemia con 3.91 Kg/ m<sup>2</sup> fue significativamente mayor que y Francesa.
- La rentabilidad en Índice Beneficio – costo fue de 2.19 de Lollo Rosa mayor que Bohemia y Francesa con 1,65.

## RECOMENDACIONES

- Evaluar las preferencias de consumo de las variedades de lechugas en el mercado de Huanta.
- Investigar el cultivo hidropónico de espinaca, brócoli, hiervas aromáticas, etc., en las condiciones de Huanta.
- Realizar investigaciones de acuaponía para una producción orgánica de lechugas.
- Invertir en esta tecnología de sistema hidropónico NFT para la producción de lechugas por ser eficiente y sostenible frente a los desafíos de la agricultura tradicional sobre todo los agricultores.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, D., Chávez, F y Wilhelmina, K. (2001). *Seminario de Agronegocios Lechugas hidropónicas*. Universidad del Pacífico, Facultad de administración contabilidad. [https://www.academia.edu/8258191/www\\_upbusiness\\_net\\_Seminario\\_de\\_Agro\\_Negocios\\_Lechugas\\_hidrop%C3%B3nicas\\_PROFESOR](https://www.academia.edu/8258191/www_upbusiness_net_Seminario_de_Agro_Negocios_Lechugas_hidrop%C3%B3nicas_PROFESOR)
- Aker, C., Álvarez, H., Servellón, O., Guillen A., Maradiaga C. y Molina N. (2019). Producción de lechuga con buenas prácticas agrícolas: Guía técnica N°2. Rikolto. [https://assets.rikolto.org/paragraph/attachments/guia\\_de\\_lechuga.pdf](https://assets.rikolto.org/paragraph/attachments/guia_de_lechuga.pdf)
- Baixauli, C y Aguilar, J. (2002) Cultivos sin suelo de hortalizas. Serie Divulgación Técnica n° 53. Edita: Generalitat Valenciana.
- Barrios, N. (2004). Evaluación del cultivo de la lechuga, *Lactuca sativa L.* bajo condiciones hidropónicas en Pachalí, San Juan Sacatepéquez, Guatemala [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio institucional. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_2071.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2071.pdf)
- Beltrano, J y Giménez, D. (2015). *Cultivo en hidroponía*. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. [https://www.academia.edu/29839749/Cultivo\\_en\\_hidropon%C3%ADa](https://www.academia.edu/29839749/Cultivo_en_hidropon%C3%ADa)
- Brenes, L., y Jiménez, M. (2014). *Manual de producción hidropónica para hortalizas de hoja en sistemas NFT (Nutrient Film Technique)*. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Brochure Bohemia.pdf (s.f). <https://www.resusa.co.cr/images/material/Semillas/Semillas%20de%20Lechugas/Brochure%20Bohemia.pdf>
- Gutiérrez, J. (2011). *Producción hidropónica de lechuga con y sin recirculación de la solución nutritiva*. [Tesis, Universidad Autónoma Chapingo]. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/handle/123456789/1458>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill.
- Hozano, L., Marcelo G., Bruno S., Caris V. y Sebastião H. (2018). Germinación y emergencia de lechuga a temperaturas elevadas. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12 (3), 677-684. <https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i3.7720>
- Jadán, JF (2024). *Evaluación de cinco variedades de Lactuca sativa bajo condiciones hidropónicas a la intemperie en Zhidmad, Ecuador*. [Tesis, Universidad de Cuenca]. Repositorio institucional. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/45005>

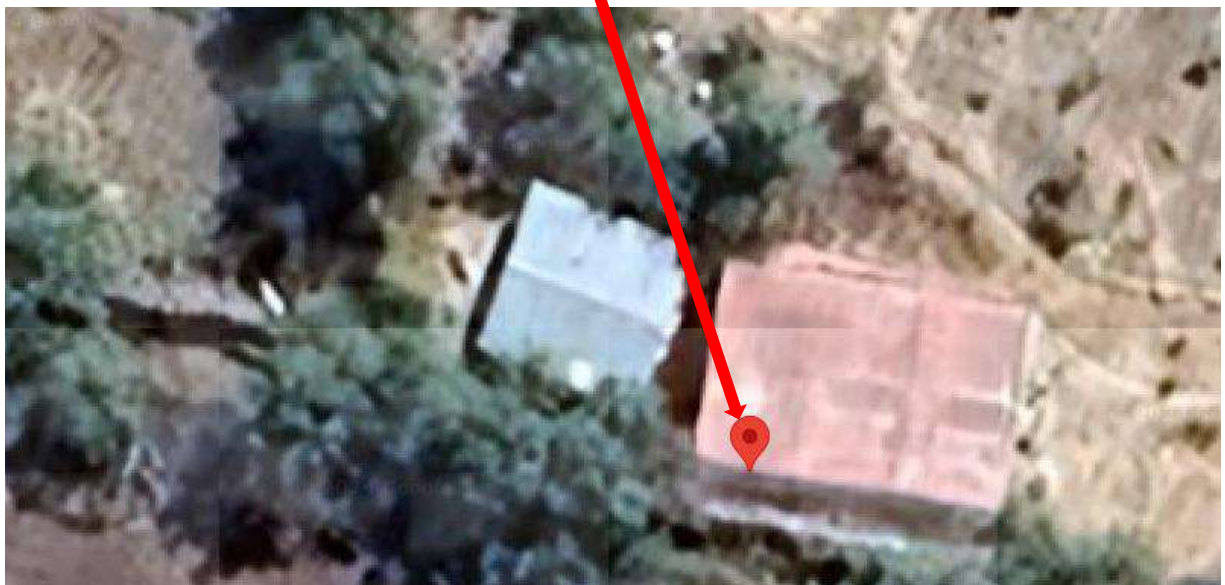
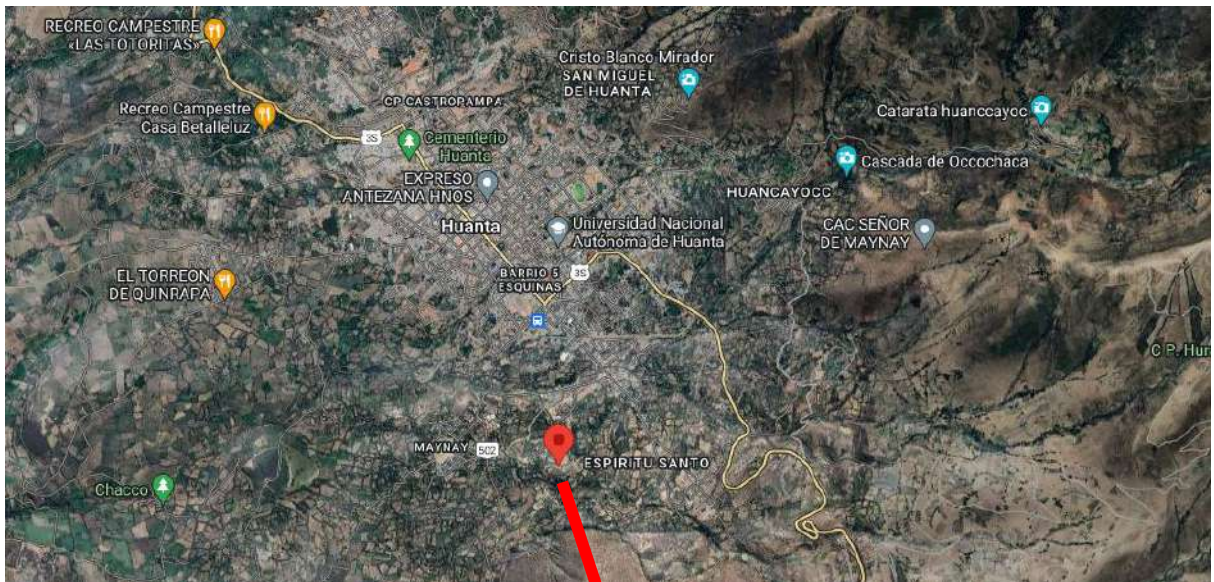
- Japón, J. (1977). *La lechuga - Hojas divulgadoras del del Ministerio de Agricultura*. Bravo, Murillo, 101 - Madrid-20.  
[https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1977\\_10.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1977_10.pdf)
- Jensen, M., & Collins, W. (1985). Hydroponic vegetable production. *Horticultural Reviews*, 7, 483-558.
- Jones, J. B. (2014). *Hydroponics: A practical guide for the soilless grower*. CRC Press.
- Kerlinger, F., y Lee, H. (2002). *Investigación del comportamiento: Métodos de investigación en ciencias sociales* (4.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill.
- Leiva, E., Peña, A., Vilca, V., y Neri, J. (2018). Comportamiento productivo de 11 variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en sistema hidropónico NFT recirculante (Chachapoyas – Amazonas) Perú. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 2(1), 50-56. <https://doi.org/10.25127/APS.20181.384>
- Marulanda, C e Izquierdo, J. (2003). *La huerta hidropónica popular Oficina Regional de la Fao para América Latina y El Caribe. Manual técnico. 3ra Edición- Santiago de Chile*.
- Mendoza, A. (2017). *Cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.) hidropónica en sistema recirculante "NFT" tipo piramidal con tres niveles de aireación*. Arequipa – Perú. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSA\\_6c26edd5a3a6b98940f34ad7369f82a9](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSA_6c26edd5a3a6b98940f34ad7369f82a9)
- Montgomery, DC (2019). *Diseño y análisis de experimentos* (10.<sup>a</sup> ed.). Wiley. [https://www.academia.edu/9101936/Dise%C3%B1o\\_y\\_an%C3%A1lisis\\_de\\_experimentos\\_Douglas\\_C\\_Montgomery](https://www.academia.edu/9101936/Dise%C3%B1o_y_an%C3%A1lisis_de_experimentos_Douglas_C_Montgomery)
- Morán, E. (2021). *Efecto de sustancias minerales altamente diluidas (SMADs) en el cultivo hidropónico en plantas de lechuga (Lactuca sativa L.)*. [Proyecto de investigación, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6501>
- Morgan, L. (2011). *Hydroponic lettuce production*. Suntec International Hydroponic Consultants.
- Pérez Cari, M., y Tellez Garrido, I. A. M. (2020). *Producción y comercialización con sistema hidropónico NFT de lechuga y tomate, Cherry, en la ciudad de Arequipa*. [Tesis de Maestría, Universidad ESAN. Escuela de Administración de Negocios para Graduados]. Repositorio Institucional Universidad ESAN. <https://hdl.handle.net/20.500.12640/2096>.
- Pertierra, R. y Quispe, J. (2020). Análisis económico de lechugas hidropónicas bajo sistema raíz flotante en clima semiárido. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 31(1), 118-130. <https://doi.org/10.17163/lgr.n31.2020.09>

- Prado, K. (2018). *Efecto de tres concentraciones de nitrato de calcio en el rendimiento de Lactuca sativa L. "lechuga", en cultivo hidropónico, Ayacucho - 2017*. [Tesis, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2849>
- Raviv, M., y Lieth, JH (2008). *Cultivo sin suelo: teoría y práctica*. Elsevier [https://lieth.ucdavis.edu/pub/pub071\\_ravivlieth\\_soillessculture\\_book.pdf](https://lieth.ucdavis.edu/pub/pub071_ravivlieth_soillessculture_book.pdf)
- Resh, H. M. (2016). *Hydroponic food production: A definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower*. CRC Press.
- Ríos, M., García, C. y Tarazona, M. (2021). *Proyecto de Emprendimiento de Cultivo de Lechugas Hidropónicas Utilizando la Técnica de Película Nutritiva o NFT* [Tesis de grado, Universidad del Rosario]. Repositorio institucional. <https://repository.urosario.edu.co/handle/10336/33420>
- Saavedra, G., Corradine, F., Antúnez, A., Felmer, S. Estay, P y Sepúlveda, P. (2017). *Manual de producción de lechuga*. Boletín INIA N° 374. 2017. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Fidel Oteiza 1956, Piso 11, Providencia, Santiago. [https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/29500/INIA\\_Libro\\_0051.pdf?sequence=1](https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/29500/INIA_Libro_0051.pdf?sequence=1)
- Scientia Horticulturae. (2020). Hydroponic crop performance under different light and nutrient conditions: A simple random sampling approach. *Scientia Horticulturae*, 6(3). <https://journals.scholarsportal.info/browse/03044238>
- Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Ayacucho -SEDA AYACUCHO S.A. (2017) Memoria descriptiva de la infraestructura de SEDA AYACUCHO sucursal Huanta 2017. <https://www.sedaayacucho.pe/archivos/377-la-memoria-descriptiva-de-la-infraestructura-localidad-de-huanta.pdf>
- Valle, F., y Valle, L. (2020). *Efecto del sistema hidropónico recirculante con solución nutritiva en el rendimiento de seis variedades de lechugas (Lactuca sativa L) en la localidad de Yanacocha – Yanahuanca – Pasco*. [Tesis, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio institucional. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2814>

## **ANEXO**

## Mapa 01.

*Ubicación del centro experimental Sector Espíritu Santo - propiedad de Mariela Vega, a 4.5 km de la ciudad de Huanta”, Región Ayacucho, Provincia y Distrito de Huanta.*



**Tabla 18.***Costos de inversión*

RUBRO	UNIDAD DE	VALOR	CANTIDAD	COSTO
<b>INFRAESTRUCTURA</b>				
Preparación de terreno 150 m <sup>2</sup>	Global	330.00	1	330.00
Materiales para infraestructura de metal y cobertura	Global	2,877.50	1	2,877.50
Construcción de infraestructura de metal y cobertura	Global	550.00	1	550.00
Bancada de cultivo	Global	2,160.00	1	2,160.00
Canal de cultivo, sist. de distribución del riego y recolec.	Global	4,270.50	1	4,270.50
Tanque de solución nutritiva	Global	810.50	1	810.50
Mano de obra para armado del canal de cultivo, SDR y	Global	400.00	1	400.00
<b>Total Infraestructura</b>				<b>11,398.50</b>
<b>EQUIPO Y MAQUINARIAS</b>				
Bomba de 1.5HP	Unidad	1,900.00	1	1,900.00
Timer Digital AL - 06	Unidad	80.00	1	80.00
Balanza digital	Unidad	500.00	1	500.00
pHmetro	Unidad	140.00	1	140.00
Conductímetro	Unidad	300.00	1	300.00
<b>Total Equipos</b>				<b>2,920.00</b>
<b>TOTAL CAPITAL FIJO</b>				<b>14,318.50</b>

**Tabla 19.***Costos fijos*

Rubro	Unidad	Costo Unitario	Cantidad Requerida	Costo total
	(Mes/Global)			
Productos limpieza	mes	15.00	1	15.00
Teléfono / celular	mes	30.00	1	30.00
Servicio básico de Luz	mes	60.00	1	60.00
Servicio básicos de Agua	mes	10.00	1	10.00
Internet	mes	30.00	1	30.00
Salario personal	mes	400.00	1	400.00
Transporte/flete	mes	20.00	4	80.00
<b>Total costo fijo por mes</b>				<b>625.00</b>



**Tabla 20.**

*Costos variables*

<b>Materia prima e insumos</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Costo total</b>
<b>PRODUCTO</b>				
Compra de semillas y sustrato	Global	1	0.03	0.03
Fertilizantes para 2000 litros de agua	Global	1	0.04	0.04
Establecimiento y manejo del cultivo	Global	1	0.00	0.00
Control de plagas	Global	1	0.01	0.01
<b>EMPAQUE</b>				
Cosecha y materiales para cosecha	Global	1	0.03	0.03
<b>TOTAL</b>				0.11
<b>COSTO TOTAL VARIABLE POR MES</b>				<b>159.38</b>

**Fotografía 01.**

*Conteo en la siembra de variedades de semillas de lechuga.*



**Fotografía 02.**

*Conteo de germinados de variedades de lechuga a las 48 horas de la siembra.*



**Fotografía 03.**

*Conteo del número de plantines de las variedades de Lactuca sativa L. a los 30 días después de la siembra*





**Fotografía 04.**

*Conteo de variedades de lechuga al trasplante en el sistema hidropónico NFT.*



**Fotografía 05.**

*Control de variedades de lechuga a los 7 días después del trasplante (DDT).*



**Fotografía 06.**

*Control de variedades de lechuga a los 14 días después del trasplante (DDT).*



**Fotografía 07.**

*Control altura de planta en variedades de Lactuca sativa L.*





**Fotografía 08.**

*Control del diámetro de tallo a 31 DDT de Variedades de Lactuca sativa L.*



**Tabla 21.** Base de datos de los registros de control a los 7 DDT.

VARIEDAD DE LECHUGA	TRATAMIENTO	CÓDIGO	Altura de planta (cm)	Longitud de hojas (cm)	Ancho de hojas (cm)	Diámetro tallo (mm)	Peso fresco (g)
Bohemia	7 A1 1	Bohemia_7	13	12.5	8.3	5.5	13.7
Bohemia	7 A1 2	Bohemia_7	12.7	12	8.4	5.2	13.3
Bohemia	7 A1 3	Bohemia_7	13.5	13	7.5	5.8	13.7
Bohemia	7 A1 4	Bohemia_7	13.3	12	7.2	5.1	13.2
Bohemia	7 A1 5	Bohemia_7	12.5	13	7.8	4.7	12.6
Bohemia	7 A1 6	Bohemia_7	13.4	11.9	7.2	5.6	13.9
Bohemia	7 A1 7	Bohemia_7	12.9	12.9	8.4	5.2	13.2
Bohemia	7 A1 8	Bohemia_7	13.2	13.4	8.1	4.9	13.5
Bohemia	7 A1 9	Bohemia_7	12.8	11.8	7.6	5.8	13.2
Bohemia	7 A1 10	Bohemia_7	13.4	12.3	7.3	4.5	12.4
Bohemia	7 A1 11	Bohemia_7	12.9	12.4	8.4	5.4	13.7
Bohemia	7 A1 12	Bohemia_7	13.2	12.2	7.2	4.9	13.0
Bohemia	7 A1 13	Bohemia_7	13.5	11.6	8.3	5.2	13.8
Bohemia	7 A1 14	Bohemia_7	14	11.6	7.1	5.0	13.0
Bohemia	7 A1 15	Bohemia_7	13.1	13.4	8.2	5.3	13.1
Bohemia	7 A1 16	Bohemia_7	12.8	13.1	7.8	4.8	12.6
Bohemia	7 A1 17	Bohemia_7	13.5	12.9	8.5	5.1	13.6
Bohemia	7 A1 18	Bohemia_7	13	11.9	7.7	4.8	12.3
Bohemia	7 A1 19	Bohemia_7	12	11.6	7	5.3	12.9
Bohemia	7 A1 20	Bohemia_7	13.5	13.3	8.4	4.6	13.1
Lollo Rosa	7 A2 1	Lollo Rosa_7	12.5	10.7	7.2	4.6	11.7
Lollo Rosa	7 A2 2	Lollo Rosa_7	11.2	10.8	7.5	4.2	11.6
Lollo Rosa	7 A2 3	Lollo Rosa_7	10.5	9.9	6.9	4.1	11.3
Lollo Rosa	7 A2 4	Lollo Rosa_7	11.3	11	6.9	4.3	11.5
Lollo Rosa	7 A2 5	Lollo Rosa_7	11	9.8	7.4	4.9	11.5
Lollo Rosa	7 A2 6	Lollo Rosa_7	10.8	10.9	6.7	4.6	11.4
Lollo Rosa	7 A2 7	Lollo Rosa_7	12	10.7	7.8	4.2	11.5
Lollo Rosa	7 A2 8	Lollo Rosa_7	10.4	10.5	7.3	4.9	11.6
Lollo Rosa	7 A2 9	Lollo Rosa_7	12.3	11	7	4.5	11.0
Lollo Rosa	7 A2 10	Lollo Rosa_7	11.7	9.9	7.6	4.9	10.8
Lollo Rosa	7 A2 11	Lollo Rosa_7	10.6	10.7	6.7	4.3	11.9
Lollo Rosa	7 A2 12	Lollo Rosa_7	11.2	10.3	7.2	4.5	11.8
Lollo Rosa	7 A2 13	Lollo Rosa_7	12.11	9.9	7.8	4.7	11.9
Lollo Rosa	7 A2 14	Lollo Rosa_7	11	11.2	6.9	4.8	10.7
Lollo Rosa	7 A2 15	Lollo Rosa_7	10.9	10.8	7.1	4.1	11.7
Lollo Rosa	7 A2 16	Lollo Rosa_7	12.1	9.7	6.7	4.8	11.7
Lollo Rosa	7 A2 17	Lollo Rosa_7	10.8	11.1	7.3	4.2	11.5
Lollo Rosa	7 A2 18	Lollo Rosa_7	11.2	10.7	7.8	4.6	11.1
Lollo Rosa	7 A2 19	Lollo Rosa_7	11	11.1	6.5	4.9	11.9
Lollo Rosa	7 A2 20	Lollo Rosa_7	10.4	10.5	7.9	4.4	11.6
Francesa	7 A3 1	Francesa_7	11.5	12	5.7	4.5	10.7
Francesa	7 A3 2	Francesa_7	11.4	10.5	5.9	4.3	11.3
Francesa	7 A3 3	Francesa_7	10.5	9.5	5.5	4.1	10.5
Francesa	7 A3 4	Francesa_7	11.5	11.2	5.6	4.2	10.1
Francesa	7 A3 5	Francesa_7	10.9	9.7	5.4	4.4	10.4
Francesa	7 A3 6	Francesa_7	11.5	11.9	5.8	4.1	10.5
Francesa	7 A3 7	Francesa_7	10.7	9.9	5.3	4.6	11.0
Francesa	7 A3 8	Francesa_7	11.4	11.6	5.9	4.5	10.6
Francesa	7 A3 9	Francesa_7	10.2	11.3	5.4	4.0	10.1
Francesa	7 A3 10	Francesa_7	10.8	11.2	5.8	4.6	10.4
Francesa	7 A3 11	Francesa_7	11	12	5.5	4.3	10.9
Francesa	7 A3 12	Francesa_7	10.9	9.5	5.6	3.9	10.3
Francesa	7 A3 13	Francesa_7	11.5	10.7	5.7	4.7	10.6
Francesa	7 A3 14	Francesa_7	11.2	11	5.3	4.2	11.1
Francesa	7 A3 15	Francesa_7	11.3	12.2	5.6	4.4	11.0
Francesa	7 A3 16	Francesa_7	11	9.8	5.9	4.5	11.0
Francesa	7 A3 17	Francesa_7	10.7	11.4	5.2	4.8	11.0
Francesa	7 A3 18	Francesa_7	10.2	12.4	5.6	4.2	10.7
Francesa	7 A3 19	Francesa_7	11.7	10.9	5.2	3.8	10.6
Francesa	7 A3 20	Francesa_7	10.9	10.7	5.8	4.7	11.0

**Tabla 22.** *Base de datos de los registros de control a los 14 DDT.*

VARIEDAD DE LECHUGA	TRATAMIENTO	CÓDIGO	Altura de planta (cm)	Longitud de hojas (cm)	Ancho de hojas (cm)	Diámetro tallo (mm)	Peso fresco (g)
Bohemia	14 A1 1	Bohemia_14	17.3	14.8	11.2	7.8	39.4
Bohemia	14 A1 2	Bohemia_14	18.7	17.5	11.5	8.5	41.2
Bohemia	14 A1 3	Bohemia_14	17.5	16.1	10.8	8.1	44.5
Bohemia	14 A1 4	Bohemia_14	18.5	15.9	11	8.5	39.6
Bohemia	14 A1 5	Bohemia_14	17.9	16.3	11.5	8.2	42.9
Bohemia	14 A1 6	Bohemia_14	18.4	17.2	11.3	8.1	41.1
Bohemia	14 A1 7	Bohemia_14	17.8	15.7	10.8	8.2	43.6
Bohemia	14 A1 8	Bohemia_14	18.2	15.9	11.2	8.4	39.7
Bohemia	14 A1 9	Bohemia_14	17.9	16.4	10.9	7.9	41.0
Bohemia	14 A1 10	Bohemia_14	18.6	16.1	11.2	8.3	43.9
Bohemia	14 A1 11	Bohemia_14	18.1	17	10.7	7.9	41.3
Bohemia	14 A1 12	Bohemia_14	17.9	15.9	11.5	8.3	43.5
Bohemia	14 A1 13	Bohemia_14	18.5	16.7	11	8.0	42.0
Bohemia	14 A1 14	Bohemia_14	17.8	17.2	11.3	8.5	38.9
Bohemia	14 A1 15	Bohemia_14	18.4	16.4	10.9	7.8	42.7
Bohemia	14 A1 16	Bohemia_14	18	15.9	11.1	8.1	44.7
Bohemia	14 A1 17	Bohemia_14	17.7	15.7	11.2	8.2	42.6
Bohemia	14 A1 18	Bohemia_14	18.3	16.8	11.5	7.8	44.1
Bohemia	14 A1 19	Bohemia_14	18.43	17	11.4	8.5	40.3
Bohemia	14 A1 20	Bohemia_14	18.1	15.7	10.7	7.7	41.2
Lollo Rosa	14 A2 1	Lollo Rosa_14	17.1	14.2	10.8	7.6	37.1
Lollo Rosa	14 A2 2	Lollo Rosa_14	18.7	15.8	10.5	8.8	39.1
Lollo Rosa	14 A2 3	Lollo Rosa_14	16.5	14.3	11.7	7.2	43.1
Lollo Rosa	14 A2 4	Lollo Rosa_14	17.2	15.2	11	7.5	39.3
Lollo Rosa	14 A2 5	Lollo Rosa_14	18.6	15.6	10.8	8.2	41.4
Lollo Rosa	14 A2 6	Lollo Rosa_14	17.7	15	11.6	8.0	43.5
Lollo Rosa	14 A2 7	Lollo Rosa_14	17.5	14.7	10.9	7.7	41.8
Lollo Rosa	14 A2 8	Lollo Rosa_14	18	15.5	11.2	8.3	42.9
Lollo Rosa	14 A2 9	Lollo Rosa_14	16.8	15	11.6	7.9	39.7
Lollo Rosa	14 A2 10	Lollo Rosa_14	17.9	14.9	10.9	8.5	39.9
Lollo Rosa	14 A2 11	Lollo Rosa_14	18.1	14.7	11.4	8.4	37.8
Lollo Rosa	14 A2 12	Lollo Rosa_14	16.9	15.6	11.6	7.9	43.0
Lollo Rosa	14 A2 13	Lollo Rosa_14	17.7	15.3	10.8	8.7	39.7
Lollo Rosa	14 A2 14	Lollo Rosa_14	18.5	14.9	11.7	7.1	39.4
Lollo Rosa	14 A2 15	Lollo Rosa_14	18	14.2	11	7.6	41.6
Lollo Rosa	14 A2 16	Lollo Rosa_14	17.4	15.4	11.5	7.8	40.7
Lollo Rosa	14 A2 17	Lollo Rosa_14	17.9	15.6	11	8.3	41.9
Lollo Rosa	14 A2 18	Lollo Rosa_14	18.4	15.2	10.4	8.2	44.3
Lollo Rosa	14 A2 19	Lollo Rosa_14	18.1	15.4	11.1	7.9	39.8
Lollo Rosa	14 A2 20	Lollo Rosa_14	16.8	14.7	10.9	8.4	44.2
Francesa	14 A3 1	Francesa_14	17.1	14.5	8.9	6.5	38.8
Francesa	14 A3 2	Francesa_14	16.3	13.1	9.7	5.5	37.3
Francesa	14 A3 3	Francesa_14	16	14.6	9.5	5.2	36.4
Francesa	14 A3 4	Francesa_14	16.5	13.2	9.4	6.3	37.9
Francesa	14 A3 5	Francesa_14	16	14.3	9	5.8	36.9
Francesa	14 A3 6	Francesa_14	16.7	14.2	9.5	6	37.6
Francesa	14 A3 7	Francesa_14	16	14.5	9.7	5.6	37.4
Francesa	14 A3 8	Francesa_14	16.4	14	9	6.4	37.6
Francesa	14 A3 9	Francesa_14	16.8	13.7	9.2	5.4	36.8
Francesa	14 A3 10	Francesa_14	17	14.4	9.6	6	36.7
Francesa	14 A3 11	Francesa_14	16.2	14.1	9	5.9	37.1
Francesa	14 A3 12	Francesa_14	16.4	14.6	9.5	6.5	38.1
Francesa	14 A3 13	Francesa_14	16.7	14	9	6.2	36.9
Francesa	14 A3 14	Francesa_14	16	13.8	8.8	5.4	37.3
Francesa	14 A3 15	Francesa_14	16.3	14.4	9	6.2	37.5
Francesa	14 A3 16	Francesa_14	17.1	13.3	9.3	5.4	37.8
Francesa	14 A3 17	Francesa_14	16.9	14.4	9.7	6.2	35.9
Francesa	14 A3 18	Francesa_14	15.9	13.7	8.9	5.7	37.1
Francesa	14 A3 19	Francesa_14	16.2	14.12	9.4	6.1	38.3
Francesa	14 A3 20	Francesa_14	16.5	13.9	9.5	5.8	37.4

**Tabla 23.** *Base de datos de los registros de control a los 21 DDT.*

VARIEDAD DE LECHUGA	TRATAMIENTO	CÓDIGO	Altura de planta (cm)	Longitud de hojas (cm)	Ancho de hojas (cm)	Diámetro tallo (mm)	Peso fresco (g)
Bohemia	21 A1 1	Bohemia_21	19.3	16.7	15.7	13.1	108.1
Bohemia	21 A1 2	Bohemia_21	20.1	17	14.3	14.3	96.8
Bohemia	21 A1 3	Bohemia_21	19.1	16.8	15	14.3	98.1
Bohemia	21 A1 4	Bohemia_21	19.5	16.9	14.8	13.7	103.2
Bohemia	21 A1 5	Bohemia_21	19.3	16.8	15.6	13.9	98.3
Bohemia	21A1 6	Bohemia_21	19.9	16.7	14.9	13.4	102.3
Bohemia	21 A1 7	Bohemia_21	20	16.7	14.7	13.2	102.6
Bohemia	21 A1 8	Bohemia_21	19.7	16.8	15.1	14.1	101.3
Bohemia	21 A1 9	Bohemia_21	19.1	16.7	14.3	13.5	101.0
Bohemia	21 A1 10	Bohemia_21	19.8	17.1	15.2	14	95.8
Bohemia	21 A1 11	Bohemia_21	20	17	15.1	13.7	102.8
Bohemia	21 A1 12	Bohemia_21	19.4	16.9	14.4	14	101.6
Bohemia	21 A1 13	Bohemia_21	19.2	16.8	15.4	13.9	103.9
Bohemia	21 A1 14	Bohemia_21	20	17	15.5	13.4	104.9
Bohemia	21 A1 15	Bohemia_21	19.9	16.9	14.8	14.2	102.1
Bohemia	21 A1 16	Bohemia_21	19.8	16.5	14.6	13.7	100.1
Bohemia	21 A1 17	Bohemia_21	19.6	17	15.4	13.4	99.9
Bohemia	21 A1 18	Bohemia_21	19.4	19.9	14.9	14.2	105.1
Bohemia	21 A1 19	Bohemia_21	19.4	16.8	15.1	13.8	106.6
Bohemia	21 A1 20	Bohemia_21	20.2	17	14.7	13.5	105.8
Lollo Rosa	21 A2 1	Lollo Rossa_21	18.5	16.2	13	12.3	90.2
Lollo Rosa	21 A2 2	Lollo Rossa_21	19.5	17	15.5	11.9	88.7
Lollo Rosa	21 A2 3	Lollo Rosa_16	18.9	16.4	14.5	12.5	93.3
Lollo Rosa	21 A2 4	Lollo Rossa_21	19	16.2	14.6	12	91.8
Lollo Rosa	21 A2 5	Lollo Rossa_21	18.7	16.9	14.9	12.5	90.8
Lollo Rosa	21 A2 6	Lollo Rosa_17	19.4	16.4	13.8	12.3	90.4
Lollo Rosa	21 A2 7	Lollo Rossa_21	19.3	16.6	13.9	12.2	92.3
Lollo Rosa	21 A2 8	Lollo Rossa_21	18.9	16.8	14.2	11.9	91.0
Lollo Rosa	21 A2 9	Lollo Rosa_18	19.2	16.5	14.5	12.3	91.6
Lollo Rosa	21 A2 10	Lollo Rossa_21	18.5	16.3	14.7	12.4	91.3
Lollo Rosa	21 A2 11	Lollo Rossa_21	19.5	16.8	14.2	12.4	91.9
Lollo Rosa	21 A2 12	Lollo Rosa_19	18.9	16.5	14.3	12.5	91.8
Lollo Rosa	21 A2 13	Lollo Rossa_21	19.3	16.1	13.7	12.1	92.5
Lollo Rosa	21 A2 14	Lollo Rossa_21	19	16.9	15.2	12.5	90.5
Lollo Rosa	21 A2 15	Lollo Rosa_20	18.9	16.4	14	12.2	90.1
Lollo Rosa	21 A2 16	Lollo Rossa_21	19.2	16.7	14.1	12.4	89.7
Lollo Rosa	21 A2 17	Lollo Rossa_21	19	16.2	15	12.2	92.5
Lollo Rosa	21 A2 18	Lollo Rosa_21	19	16.2	15.4	11.8	91.7
Lollo Rosa	21 A2 19	Lollo Rossa_21	18.7	16.7	14.3	12.4	91.4
Lollo Rosa	21 A2 20	Lollo Rossa_21	19.5	16.2	13.9	12.2	91.4
Francesa	21 A3 1	Francesa_21	17.9	15.5	13.7	10.7	90.3
Francesa	21 A3 2	Francesa_21	18.3	16.2	12.9	11.2	85.8
Francesa	21 A3 3	Francesa_21	17.7	15.6	12.2	9.9	79.6
Francesa	21 A3 4	Francesa_21	17.8	15.8	12.3	10.2	83.9
Francesa	21 A3 5	Francesa_21	18.2	15.9	12.7	10.5	83.7
Francesa	21 A3 6	Francesa_21	18	16	12.5	10.5	83.6
Francesa	21 A3 7	Francesa_21	17.9	15.8	13.1	10.9	85.7
Francesa	21 A3 8	Francesa_21	17.7	16	13.6	11	81.7
Francesa	21 A3 9	Francesa_21	18.1	15.8	13.3	10.6	83.4
Francesa	21 A3 10	Francesa_21	18.1	15.4	12.4	10.1	82.6
Francesa	21 A3 11	Francesa_21	17.9	16.2	12.9	10.1	84.1
Francesa	21 A3 12	Francesa_21	18	15.7	13	10.5	84.5
Francesa	21 A3 13	Francesa_21	17.8	15.7	12.7	10.3	87.2
Francesa	21 A3 14	Francesa_21	17.9	16.1	12.2	10.8	85.7
Francesa	21 A3 15	Francesa_21	17.7	15.6	13.3	10.7	88.3
Francesa	21 A3 16	Francesa_21	18	16	13	10.3	85.9
Francesa	21 A3 17	Francesa_21	17.9	16.1	13.2	10	82.3
Francesa	21 A3 18	Francesa_21	18.3	15.5	13.2	11	85.3
Francesa	21 A3 19	Francesa_21	17.8	16	12.8	10.9	83.0
Francesa	21 A3 20	Francesa_21	17.7	15.9	12.8	10.3	87.3

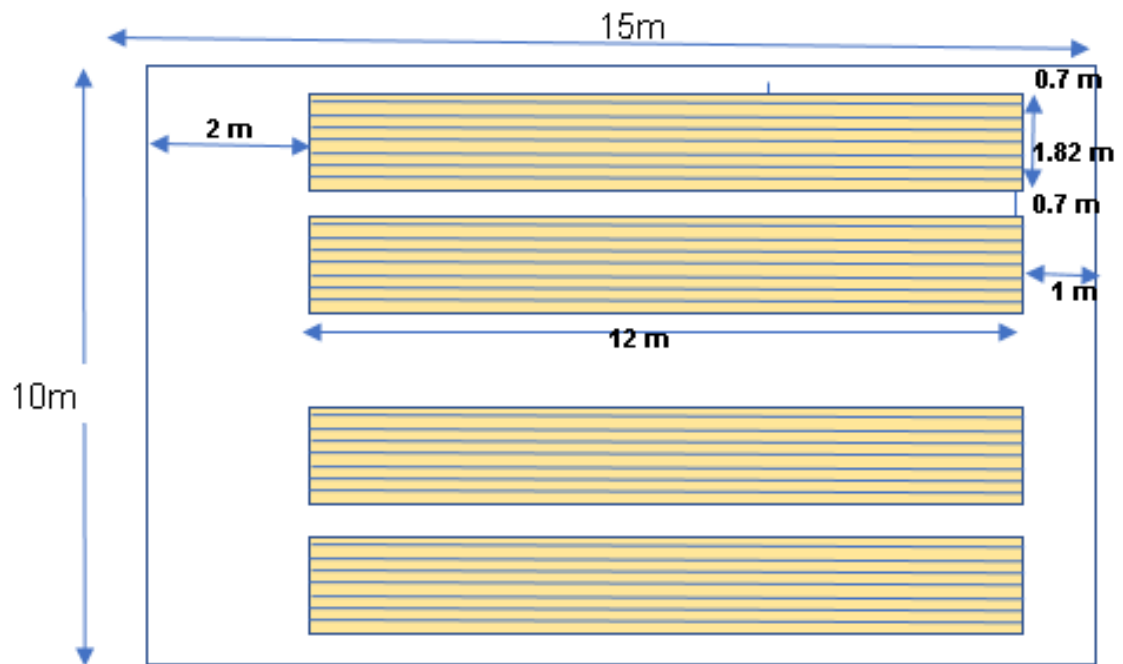


**Tabla 24.** *Base de datos de los registros de control a los 31 DDT.*

VARIEDAD DE LECHUGA	TRATAMIENTO	CÓDIGO	Altura de planta (cm)	Longitud de hojas (cm)	Ancho de hojas (cm)	Diámetro tallo (mm)	Peso fresco (g)
Bohemia	31 A1 1	Bohemia_31	23.7	22.1	17.5	13.9	177.6
Bohemia	31 A1 2	Bohemia_31	21.9	19.9	16.7	14.4	172.0
Bohemia	31 A1 3	Bohemia_31	25.3	23	15.8	14.8	178.5
Bohemia	31 A1 4	Bohemia_31	24	21.1	16.3	14.2	180.3
Bohemia	31 A1 5	Bohemia_31	24.2	22.4	17.4	14.7	180.1
Bohemia	31 A1 6	Bohemia_31	24.3	21.9	17.1	13.9	179.4
Bohemia	31 A1 7	Bohemia_31	23.9	22.2	17.4	14.5	176.4
Bohemia	31 A1 8	Bohemia_31	23.7	21.9	16.3	14.2	176.1
Bohemia	31 A1 9	Bohemia_31	23.6	20.8	16.9	13.9	178.5
Bohemia	31 A1 10	Bohemia_31	22.8	20.7	15.8	14.5	175.7
Bohemia	31 A1 11	Bohemia_31	23.3	22	16.8	14.6	177.7
Bohemia	31 A1 12	Bohemia_31	23.5	21.5	16.6	14.2	180.1
Bohemia	31 A1 13	Bohemia_31	24	21.8	15.7	14.6	179.5
Bohemia	31 A1 14	Bohemia_31	24.7	21	16.6	14.6	179.8
Bohemia	31 A1 15	Bohemia_31	23.3	21.8	15.7	14	176.7
Bohemia	31 A1 16	Bohemia_31	24.2	21.1	15.8	13.8	180.5
Bohemia	31 A1 17	Bohemia_31	23.3	20.7	17	14.7	175.8
Bohemia	31 A1 18	Bohemia_31	24.8	20.7	16.7	13.8	180.5
Bohemia	31 A1 19	Bohemia_31	23.2	22.2	17	14.6	176.3
Bohemia	31 A1 20	Bohemia_31	22.9	21.4	17.2	13.7	175.7
Lollo Rosa	31 A2 1	Lollo Rosa_31	21	19.2	15.1	12.4	166.8
Lollo Rosa	31 A2 2	Lollo Rosa_31	20.6	18.4	16.2	12.2	160.2
Lollo Rosa	31 A2 3	Lollo Rosa_31	21.7	19.5	15	13.1	167.8
Lollo Rosa	31 A2 4	Lollo Rosa_31	21.2	19.3	15.8	12.5	164.0
Lollo Rosa	31 A2 5	Lollo Rosa_31	20.5	18.7	15.1	13.2	161.0
Lollo Rosa	31 A2 6	Lollo Rosa_31	20.8	18.9	15	12.7	162.6
Lollo Rosa	31 A2 7	Lollo Rosa_31	20.6	18.7	15.8	12.8	161.5
Lollo Rosa	31 A2 8	Lollo Rosa_31	21.4	19.2	15.1	12.9	166.8
Lollo Rosa	31 A2 9	Lollo Rosa_31	21.1	19.4	15.2	13	166.0
Lollo Rosa	31 A2 10	Lollo Rosa_31	21.6	19.2	15.2	12.9	165.0
Lollo Rosa	31 A2 11	Lollo Rosa_31	21.1	18.9	15.3	12.8	164.1
Lollo Rosa	31 A2 12	Lollo Rosa_31	21.5	19.4	15.8	12.7	166.8
Lollo Rosa	31 A2 13	Lollo Rosa_31	21.4	18.8	16.1	12.3	167.5
Lollo Rosa	31 A2 14	Lollo Rosa_31	21.6	19.4	15.8	12.4	165.3
Lollo Rosa	31 A2 15	Lollo Rosa_31	21.3	18.6	15.8	13	168.0
Lollo Rosa	31 A2 16	Lollo Rosa_31	21.2	18.7	15.2	12.8	162.8
Lollo Rosa	31 A2 17	Lollo Rosa_31	21.6	19.1	15.8	13	166.8
Lollo Rosa	31 A2 18	Lollo Rosa_31	20.8	19.2	16	13.1	163.1
Lollo Rosa	31 A2 19	Lollo Rosa_31	20.7	19.2	15.2	12.9	160.3
Lollo Rosa	31 A2 20	Lollo Rosa_31	21.2	18.7	16	13	165.4
Francesa	31 A3 1	Francesa_31	20	17.5	14.5	12	162.7
Francesa	31 A3 2	Francesa_31	21.3	18.6	14	13.4	168.8
Francesa	31 A3 3	Francesa_31	19.9	16.9	13.9	11.7	156.4
Francesa	31 A3 4	Francesa_31	20.1	17.4	14.2	11.7	163.1
Francesa	31 A3 5	Francesa_31	20.6	18.4	13.8	12.4	161.5
Francesa	31 A3 6	Francesa_31	20.4	17.5	14.3	12.3	162.9
Francesa	31 A3 7	Francesa_31	20.3	17.6	13.8	12	157.3
Francesa	31 A3 8	Francesa_31	19.9	18.3	14.2	11.7	159.6
Francesa	31 A3 9	Francesa_31	20.8	17.6	14	12.4	159.7
Francesa	31 A3 10	Francesa_31	20	17.8	14.3	12	164.6
Francesa	31 A3 11	Francesa_31	20.2	17.6	14.2	11.8	157.6
Francesa	31 A3 12	Francesa_31	21.2	18.5	14	13	163.8
Francesa	31 A3 13	Francesa_31	20.7	17.2	14.2	12.4	158.8
Francesa	31 A3 14	Francesa_31	20	16.7	14.4	11.9	160.0
Francesa	31 A3 15	Francesa_31	20.8	16.9	14.6	12.3	133.2
Francesa	31 A3 16	Francesa_31	20.1	16.9	14	11.7	164.3
Francesa	31 A3 17	Francesa_31	19.9	17.7	13.9	11.7	162.3
Francesa	31 A3 18	Francesa_31	20.2	17.3	14.1	11.8	157.8
Francesa	31 A3 19	Francesa_31	20.4	17.9	14.1	12.3	158.1
Francesa	31 A3 20	Francesa_31	20.3	17.2	14.4	12	161.6

### Fotografía 09.

Diseño del sistema hidropónico Técnica de Película de Nutriente.



### Fotografía 10.

Vista de perfil del sistema hidropónico de la Técnica de Película de Nutriente.

