

# UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO

UNIDAD ACADÉMICA EL SENA

PROGRAMA: INGENIERÍA AGROFORESTAL



TESIS DE GRADO

**“ÍNDICES PRODUCTIVOS DE CULTIVO DE LECHUGA INVICTA RZ (*Lactuca Sativa L.*) CON SISTEMA HIDROPÓNICO NFT EN LA CASA HIDROPÓNICA EL EDÉN MUNICIPIO EL SENA DEPARTAMENTO PANDO”**

Modalidad de Tesis de grado

Presentado por:

Univ. Nelson Noza Monje

Para optar el Título de Ingeniería Agroforestal

Tutor: German Kauko Coímbra

**El Sena - Pando - Bolivia  
2025**

## HOJA DE APROBACIÓN

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo con todo mi amor y gratitud a tres pilares fundamentales en mi vida:

A mi madre, Karina Noza González, por ser mi guía, mi fortaleza y el ejemplo de esfuerzo constante. Gracias por tus palabras de aliento, por tus sacrificios silenciosos y por enseñarme a nunca rendirme.

A mi hija, Mía Valeria Noza Guarena, mi mayor inspiración y motor de vida. Cada paso que doy es por y para ti. Eres la razón por la que busco superarme día a día, con la esperanza de dejarte un legado lleno de amor, conocimiento y perseverancia.

Y a mi pareja, Stefany Priscila Guarena Claros, por tu apoyo incondicional, tu paciencia infinita y por creer en mí incluso cuando yo dudaba. Gracias por caminar a mi lado en este proceso, brindándome tu comprensión y tu amor sincero.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco profundamente a la Universidad Amazónica de Pando por haberme acogido durante todos estos años de formación académica.

A mis docentes, en especial al Lic. Zoot. Noel Jesús Cuevo Calzadilla, por su paciencia, constancia y valiosa amistad, y a la Ing. Yajaira Gustañer Vargas, por enseñarme con su ejemplo el verdadero significado de la responsabilidad.

Finalmente, a la Casa Hidropónica El Edén, por brindarme el espacio y las condiciones necesarias para llevar a cabo y culminar esta investigación.

## INDICE

<b>CAPITULO I.....</b>	<b>14</b>
<b>GENERALIDADES.....</b>	<b>14</b>
1.1.Introducción.....	1
1.2.Planteamiento del Problema.....	2
1.2.1. Descripción problema.....	2
1.2.2. Formulación del problema.....	3
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	4
1.4. Justificación.....	4
1.5.Hipótesis.....	5
1.5.1. Hipótesis Nula ( $H_0$ ).....	5
1.5.2. Hipótesis Alternativa ( $H_a$ ).....	5
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>6</b>
<b>SUSTENTACION TEORTICA.....</b>	<b>6</b>
2.1.Revisión Bibliográfica.....	7
2.1.1. Hidroponía.....	7
2.1.2. Historia De La Hidroponía.....	7

2.1.3. Contexto Social.....	13
2.1.4. Características de la hidroponía .....	13
2.1.5. Importancia de la producción del cultivo de lechuga en hidroponía .....	14
2.1.6. Elementos nutricionales macro y micronutrientes. ....	14
2.1.7. Propiedades Nutritivas .....	15
2.1.8. En la Industria .....	17
2.1.9. Enfermedades radiculares .....	18
2.1.10. Zonas productoras de lechuga hidropónica en Bolivia.....	19
2.1.11. Adaptación de la planta de lechuga en hidroponía .....	19
2.1.12. Soluciones y fórmulas de la producción de lechuga en hidroponía .....	20
2.1.13. Clima y suelo .....	21
2.1.14. Germinación de semillas de lechuga hidropónica .....	21
2.1.15. Trasplante .....	21
2.1.16. Sistema de Riego hidropónico .....	22
2.1.17. Descripción de la planta de lechuga .....	23
2.1.18. Origen.....	23
2.1.19. Taxonomía de la lechuga .....	23
2.1.20. Cultivo de lechuga .....	24
2.1.21. Morfología de la lechuga .....	26

2.1.22. Sistema de producción de lechuga tradicional .....	27
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>29</b>
<b>MARCO METODOLOGICO .....</b>	<b>29</b>
3.1.Tipo de investigación.....	30
3.2.Enfoque.....	30
3.3.Método.....	31
3.4.Población y muestra.....	31
3.4.1. Población .....	31
3.4.2. Muestra .....	31
3.5.Técnicas e Instrumentos de investigación.....	32
3.5.1. Técnicas .....	32
3.5.2. Instrumentos .....	32
3.6.Referencia Geográfica donde se Ejecuta la Investigación.....	32
3.6.1. Ubicación del proyecto .....	32
3.7.Diseño del módulo de experimento.....	33
3.8. Descripción del Material de Requerimiento.....	34
3.8.1. Materiales de escritorio .....	34
3.8.2. Herramientas .....	34
3.8.3. Maquinaria y equipos .....	34

3.8.4. Material de limpieza y desinfección .....	35
3.8.5. Material Biológico .....	35
3.9. Detalle del Trabajo de Investigación que se va ejecutar .....	35
3.9.1. Variables a evaluar .....	35
3.9.2. Establecimiento de semillero .....	37
3.9.3. Preparación del sistema .....	37
3.9.4. Control de malezas .....	38
3.9.5. Trasplante .....	38
3.9.6. Riego .....	38
3.9.7. Manejo fitosanitario .....	38
3.9.8. Cosecha .....	39
3.10. Plan de Procesamiento de la Información .....	39
3.10.1. Organización y tabulación de datos .....	39
3.10.2. Clasificación y codificación .....	40
3.10.3. Análisis estadístico descriptivo .....	40
3.10.4. Interpretación de los resultados .....	41
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>42</b>
<b>RESULTADOS DE LA INVESTIGACION .....</b>	<b>42</b>
4.1. Resultados .....	43

4.1.1. Variables evaluadas .....	43
4.2. Discusión.....	49
<b>CAPITULO V .....</b>	<b>51</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>51</b>
5.1. Conclusiones.....	52
5.2. Recomendaciones.....	54
<b>ANEXOS .....</b>	<b>61</b>

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1:</b> Taxonomía de la planta de lechuga .....	23
<b>Tabla 2:</b> Datos de medición de altura .....	43
<b>Tabla 3:</b> Numero de hojas por planta .....	44
<b>Tabla 4:</b> Datos del peso en gramos por plantas .....	46
<b>Tabla 5:</b> Edad de cosecha expresado en días .....	47

## Índice de Figuras

<b>Figura 1:</b> Localización del vivero la casa del Edén.....	32
<b>Figura 2:</b> Croquis del área experimental .....	33
<b>Figura 3:</b> Datos de medición de altura: .....	43
<b>Figura 4:</b> Numero de hojas por planta.....	45
<b>Figura 5:</b> Peso de las plantas expresado en gramos .....	46
<b>Figura 6:</b> Datos de la edad del cultivo a la cosecha .....	48

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar los índices productivos del cultivo de lechuga Invicta RZ. (*Lactuca sativa L.*) utilizando la técnica hidropónica NFT en la Casa Hidropónica El Edén, ubicada en el municipio El Sena, departamento de Pando, Bolivia. La pregunta de investigación que orienta este trabajo fue: ¿Cuáles son los índices productivos del cultivo de lechuga Invicta RZ en un sistema hidropónico NFT en condiciones amazónicas del municipio El Sena?

Para responder a esta interrogante, se evaluaron variables clave como altura de planta, número de hojas, peso fresco y edad de cosecha, en una población total de 400 plantas cultivadas durante un ciclo de 55 días. La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo), aplicando métodos teóricos y experimentales, en un diseño de campo con control de variables ambientales y nutricionales.

Los resultados evidenciaron que el 69% de las plantas alcanzó una altura promedio de 36 cm, 12 hojas por planta, y un peso promedio de entre 279 y 288 gramos, lo cual se encuentra dentro del rango comercial aceptado. Asimismo, el 69% de las plantas fueron cosechadas a los 55 días, mientras que el 31% restante mostró una maduración anticipada. Estos datos permitieron rechazar la hipótesis nula, al encontrarse diferencias productivas notables en relación con los parámetros estándares de la variedad Invicta RZ bajo condiciones controladas.

Las conclusiones destacan el desempeño positivo del sistema hidropónico NFT en el contexto amazónico, subrayando su capacidad para producir lechugas de alta calidad comercial, con un uso eficiente del agua y sin dependencia del suelo. Finalmente, se plantea que esta experiencia contribuya al fortalecimiento de modelos agrícolas sostenibles en zonas tropicales, ofreciendo una alternativa viable para diversificar la producción local, mejorar la seguridad alimentaria y dinamizar la economía rural en el norte amazónico boliviano.

**Palabras clave:** Lechuga Invicta RZ, hidroponía, sistema NFT, índices productivos, agricultura amazónica, El Sena, Pando.

## ABSTRACT

The present research aimed to determine the productive indices of the Invicta RZ lettuce crop. (*Lactuca sativa L.*) using the NFT hydroponic technique at the El Edén Hydroponic House, located in the El Sena municipality, Pando department, Bolivia. The research question guiding this work was: What are the productive indices of Invicta RZ lettuce cultivation in an NFT hydroponic system under Amazonian conditions in the El Sena municipality?

To answer this question, key variables such as plant height, number of leaves, fresh weight, and harvest age were evaluated in a total population of 400 plants grown over a 55-day cycle. The research was developed under a mixed approach (quantitative and qualitative), applying theoretical and experimental methods, in a field design with controlled environmental and nutritional variables.

The results showed that 69% of the plants reached an average height of 36 cm, 12 leaves per plant, and an average weight of between 279 and 288 grams, which is within the accepted commercial range. Furthermore, 69% of the plants were harvested after 55 days, while the remaining 31% showed early ripening. These data allowed us to reject the null hypothesis, as significant yield differences were found in relation to the standard parameters of the Invicta RZ variety under controlled conditions.

The conclusions highlight the positive performance of the NFT hydroponic system in the Amazonian context, underscoring its ability to produce high-quality commercial lettuce, with efficient use of water and independent of soil dependence.

Finally, it is proposed that this experience contributes to the strengthening of sustainable agricultural models in tropical areas, offering a viable alternative to diversify local production, improve food security, and boost the rural economy in the northern Bolivian Amazon.

**Keywords:** Invicta RZ lettuce, hydroponics, NFT system, yield indices, Amazonian agriculture, El Sena, Pando.

**CAPITULO I**

**GENERALIDADES**

## 1.1.Introducción

En medio de la vasta y exuberante biodiversidad de la Amazonía boliviana, donde la tierra y el clima ofrecen posibilidades inmensas, pero también desafíos constantes. El municipio de El Sena, en el departamento de Pando, refleja esta realidad de manera palpable: un territorio fértil, con potencial agrícola significativo, pero limitado por condiciones estructurales como la escasa mecanización, la falta de asistencia técnica y los problemas derivados del uso ineficiente del suelo.

Ante este panorama, la hidroponía se presenta como una alternativa transformadora. Más allá de ser una técnica moderna, representa una esperanza concreta para pequeños y medianos productores que buscan mejorar su producción sin depender de las condiciones del suelo, muchas veces degradado o propenso a enfermedades. Sistemas como el *Técnica de Película de Nutrientes* (NFT), por ejemplo, permiten cultivar con un uso mínimo de agua y nutrientes (NFT), por ejemplo, permiten cultivar con un uso mínimo de agua y nutrientes, aprovechando al máximo los espacios reducidos, lo que resulta especialmente valioso en zonas tropicales donde la sostenibilidad de los recursos naturales debe ser una prioridad.

Este trabajo de tesis nace de esa necesidad y de esa posibilidad. Se centra en el estudio del cultivo de lechuga *Invicta RZ* (*Lactuca sativa* L.) bajo un sistema hidropónico NFT implementado en la Casa Hidropónica El Edén, en el corazón de El Sena. La variedad seleccionada, *Invicta RZ*, no fue elegida al azar: es una lechuga que combina buen rendimiento, calidad comercial y adaptabilidad a sistemas de producción intensiva, características que la vuelven ideal para este tipo de ensayos en contextos rurales amazónicos.

La pregunta que impulsa esta investigación parece sencilla, pero encierra múltiples implicaciones: ¿Cuáles son los índices productivos del cultivo de lechuga *Invicta RZ* (*Lactuca sativa* L.) en un sistema hidropónico NFT desarrollado en la Casa Hidropónica El Edén, municipio El Sena, departamento de Pando? A partir de esta formulación, se propone no solo cuantificar el crecimiento y rendimiento del cultivo mediante variables como altura, peso fresco y tiempo hasta la cosecha, sino analizar también la viabilidad real de este tipo de

tecnología en una región donde la agricultura necesita con urgencia soluciones que sean al mismo tiempo innovadoras, accesibles y sostenibles.

Pero más allá de los datos y los gráficos, esta tesis tiene también un trasfondo humano. Se trata de contribuir con conocimientos útiles para los agricultores locales, de brindar herramientas que permitan optimizar sus prácticas, reducir el uso de agroquímicos y agua, y abrir nuevas puertas hacia mercados más exigentes y rentables. La Casa Hidropónica El Edén, más que un lugar de ensayo, es un símbolo de lo que podría ser una nueva etapa para la agricultura en El Sena: una agricultura limpia, eficiente, que respeta el entorno y mejora la calidad de vida de quienes viven en la tierra.

En este sentido, esta investigación no solo busca confirmar o rechazar una hipótesis técnica. Su valor radica también en su capacidad para generar conocimiento aplicable, para inspirar cambios reales y, sobre todo, para demostrar que incluso en contextos desafiantes, como el de la Amazonía boliviana, es posible sembrar el futuro con tecnologías que cuidan la vida, el ambiente y la dignidad del trabajo agrícola.

## **1.2.Planteamiento del Problema**

### ***1.2.1. Descripción problema***

La agricultura convencional en el municipio El Sena enfrenta serias limitaciones debido a las características del suelo, que frecuentemente presenta problemas de compactación, baja fertilidad y alta incidencia de patógenos. Estas condiciones restringen la productividad de cultivos agrícolas y generan altos costos de producción, lo que afecta la rentabilidad de los pequeños y medianos agricultores. Además, el clima tropical húmedo propio de la región, con lluvias constantes y temperaturas elevadas, incrementa la vulnerabilidad de los cultivos a enfermedades y dificulta el manejo agrícola. Esto ha motivado la búsqueda de sistemas innovadores que permitan superar estas limitaciones.

El sistema hidropónico NFT (Nutrient Film Technique) se ha posicionado como una alternativa viable en muchas regiones debido a su capacidad para optimizar el uso del agua y

los nutrientes, reducir el impacto de factores climáticos adversos y evitar problemas asociados al suelo. Sin embargo, la implementación de esta tecnología en el contexto de Pando aún no se ha explorado, y los datos específicos sobre su desempeño en cultivos como la lechuga *Invicta RZ* son prácticamente inexistentes. Esta variedad de lechuga, reconocida por su calidad y aceptación en el mercado, presenta un gran potencial para la agricultura local, pero su rendimiento en condiciones hidropónicas tropicales sigue siendo desconocido.

La falta de información técnica y científica sobre los índices productivos del cultivo de lechuga *Invicta RZ* en sistemas hidropónicos NFT limita la capacidad de los agricultores para tomar decisiones informadas sobre su implementación. Además, la ausencia de datos confiables dificulta la promoción de esta tecnología como una estrategia sostenible para diversificar y aumentar la producción agrícola en la región. Por lo tanto, es necesario llevar a cabo investigaciones que proporcionen una base sólida de conocimientos y que, al mismo tiempo, impulsen el desarrollo de prácticas agrícolas más eficientes y sostenibles en el municipio El Sena.

### ***1.2.2. Formulación del problema***

¿Cuáles son los índices productivos del cultivo de lechuga *Invicta RZ* (*Lactuca sativa L.*) en un sistema hidropónico NFT desarrollado en la Casa Hidropónica El Edén, municipio El Sena, departamento de Pando?

## **1.3. Objetivos**

### ***1.3.1. Objetivo general***

Determinar los índices productivos del cultivo de lechuga *Invicta RZ* (*Lactuca Sativa L.*) en un sistema hidropónico NFT en la Casa Hidropónica El Edén, municipio El Sena, departamento de Pando.

### 1.3.2. *Objetivos Específicos*

- ✚ Establecer el cultivo de lechuga *Invicta RZ (Lactuca sativa L.)* en un sistema hidropónico NFT en invernadero, utilizando parámetros técnicos adecuados.
- ✚ Evaluar variables agronómicas clave del cultivo como altura de planta, número de hojas, peso fresco y tiempo de cosecha.
- ✚ Analizar el rendimiento productivo obtenido en función de la eficiencia del sistema hidropónico NFT implementado.
- ✚ Proponer recomendaciones técnicas para mejorar la producción hidropónica de lechuga en regiones tropicales como el municipio El Sena.

### 1.4. **Justificación**

El cultivo de hortalizas bajo sistemas hidropónicos representa una oportunidad estratégica para transformar la agricultura en zonas tropicales como el departamento de Pando. En este contexto, evaluar los índices productivos de la lechuga *Invicta RZ* en un sistema NFT no solo es relevante desde el punto de vista científico, sino también social y económico. La hidroponía permite superar barreras tradicionales asociadas al manejo del suelo, como la erosión, los problemas de fertilidad y la incidencia de enfermedades, características que afectan profundamente la agricultura convencional en la región.

El municipio El Sena, al ser una zona con potencial agrícola, pero con limitaciones estructurales, se beneficia directamente de este tipo de innovaciones. La generación de información técnica sobre el comportamiento del cultivo en condiciones locales puede guiar a los agricultores hacia una implementación más eficiente de sistemas hidropónicos, maximizando el uso de los recursos disponibles. Por ejemplo, el sistema NFT destaca por su bajo consumo de agua en comparación con los métodos tradicionales, un aspecto clave en un contexto donde la gestión sostenible de los recursos hídricos es una prioridad.

Además, esta investigación tiene un impacto significativo en la promoción de la sostenibilidad. La producción hidropónica no solo reduce la dependencia de agroquímicos y

del suelo, sino que también contribuye a la diversificación económica local al introducir cultivos de alta calidad con demanda estable en el mercado. Este enfoque no solo fortalece la seguridad alimentaria regional, sino que también abre puertas para que productores locales accedan a mercados más amplios, mejorando así su calidad de vida. Por lo tanto, esta investigación no solo responde a una necesidad técnica, sino que también se alinea con los objetivos de desarrollo económico y ambiental sostenible en la región de Pando.

## **1.5.Hipótesis**

### ***1.5.1. Hipótesis Nula ( $H_0$ )***

Los índices productivos del cultivo de lechuga *Invicta RZ (Lactuca sativa L)* en el sistema hidropónico NFT desarrollado en la Casa Hidropónica El Edén, municipio El Sena, no presentan diferencias significativas con respecto a los valores esperados para esta variedad.

### ***1.5.2. Hipótesis Alternativa ( $H_a$ )***

Los índices productivos del cultivo de lechuga *Invicta RZ (Lactuca sativa L.)* en el sistema hidropónico NFT desarrollado en la Casa Hidropónica El Edén, municipio El Sena, presentan diferencias significativas con respecto a los valores esperados para esta variedad.

**CAPITULO II**

**SUSTENCION**

**TEORTICA**

## **2.1.Revisión Bibliográfica**

### ***2.1.1. Hidroponía***

La palabra Hidroponía se deriva del griego Hydro (agua) y Ponos (labor o trabajo) lo cual significa literalmente trabajo en agua.

La hidroponía es un conjunto de técnicas que sustituye al suelo también es denominada agricultura sin suelo.

La hidroponía te permite diseñar estructuras simples y/o complejas favoreciendo las condiciones ambientales idóneas para producir cualquier planta de tipo herbáceo aprovechando en su totalidad cualquier área (azoteas jardines, suelos infértiles, terrenos escabrosos, etc.) sin importar las dimensiones como el estado físico de estas. (Lopez, 2010)

Este es un método innovador del cultivo de hortalizas; mientras las personas inician con un bancal en el patio con una gran cantidad de tierra; la hidroponía reconoce que el método tradicional utilizando tierra no siempre es necesario para ayudar a las plantas. La hidroponía es el proceso en el que se distribuye agua asegurándose de mantener calidad y nutrientes que la planta necesita para alcanzar su potencial. (Salazar, 2021)

### ***2.1.2. Historia De La Hidroponía***

La hidroponía, un método de cultivo que utiliza soluciones minerales en lugar de suelo, tiene una rica y fascinante historia que se remonta a miles de años. A continuación, se presenta un resumen detallado de su evolución a lo largo del tiempo.

El cultivo hidropónico es anterior al cultivo en tierra, pero muchos creen que empezó en la antigua Babilonia, en los famosos Jardines Colgantes que se listan como una de las Siete Maravillas del Mundo Antiguo, en lo que probablemente fuera uno de los primeros intentos exitosos de cultivar plantas hidropónicamente.

Los principios son encontrados en China, Egipto e India. En el 1600, el belga Helmont realizó experimentos que demuestran la obtención de nutrientes por parte de las plantas.

En 1699, Woodward demostró finalmente cómo las plantas obtenían alimentos. Posteriormente, en 1860, los alemanes Sachs y Knop fueron los primeros en hacer crecer las plantas en una solución nutritiva.

La hidroponía es tan antigua como la misma civilización humana. El término como tal fue acuñado en 1929, cuando William F. Gricke, profesor de la Universidad de California, define el proceso como hidroponía, que significa «agua que trabaja». Durante la Segunda Guerra Mundial, las fuerzas aliadas instalan en sus bases sistemas hidropónicos para proveer de vegetales y frutas frescas a las tropas en conflicto. A partir de esto, la hidroponía comercial se extiende en el mundo. (Adr. formacion, 2024)

#### **2.1.2.1. Sistemas de Cultivo hidropónico**

El cultivo hidropónico es una alternativa a la agricultura tradicional, cuyo principal objetivo es eliminar o disminuir los factores limitantes del crecimiento vegetal asociado a la característica del suelo, aplicando diversas tecnologías y diferentes métodos que facilitan el trabajo y finalmente para mejorar condiciones de vida y el progreso de la agricultura. (Romero, 2017)

La hidroponía es un método de cultivo que prescinde del suelo, utilizando soluciones nutritivas para alimentar a las plantas. Existen varios sistemas de cultivo hidropónico, cada uno con características y técnicas específicas.

Los sistemas son:

#### ***2.1.2.1.1. Cultura de Aguas Profundas (DWC)***

En este sistema, las raíces de las plantas están sumergidas en una solución nutritiva oxigenada. Se utiliza aireadores para asegurar que las raíces reciban suficiente oxígeno, lo que promueve un crecimiento rápido y saludable.

#### ***2.1.2.1.2. Técnica de Película Nutriente (NFT)***

Este método consiste en hacer circular una delgada película de solución nutritiva sobre las raíces de las plantas, que están colocadas en tubos o canales. La película proporciona los nutrientes necesarios mientras permite que las raíces tengan acceso al oxígeno del aire.

#### ***2.1.2.1.3. Raíz Flotante***

Las plantas se sostienen en plataformas flotantes sobre una solución nutritiva. Este sistema es fácil de manejar y permite un uso eficiente del espacio, siendo ideal para cultivos como lechugas y hierbas.

#### ***2.1.2.1.4. Aeropónica***

En este sistema, las raíces de las plantas están expuestas al aire y se rocían periódicamente con una solución nutritiva. Esto maximiza la absorción de oxígeno y nutrientes, promoviendo un crecimiento rápido.

#### ***2.1.2.1.5. Sistemas en Sustrato***

Las plantas se cultivan en sustratos inertes como perlita, fibra de coco o lana de roca, que retienen la humedad y los nutrientes. Este método es común para cultivos más grandes como tomates y pimientos.

#### **2.1.2.1.6. Sistema NGS (New Growing System)**

Este método utiliza capas de polietileno donde la solución nutritiva cae en cascada sobre las raíces expuestas, permitiendo un desarrollo óptimo en un espacio reducido.

#### **2.1.2.2. Ventajas**

- La hidroponía permite un control más efectivo sobre las plagas y enfermedades, reduciendo la necesidad de pesticidas.
- Este sistema consume hasta un 90% menos agua en comparación con el cultivo tradicional en suelo.
- Las condiciones controladas permiten la producción de lechuga independientemente de las estaciones, asegurando una oferta constante.

#### **2.1.2.3. Desafíos**

- ❖ Inversión inicial, requiere un capital inicial mayor para la instalación de sistemas hidropónicos.
- ❖ Conocimiento técnico, los agricultores necesitan capacitación en técnicas de manejo y nutrición de plantas.

#### **2.1.2.4. Desventajas de la hidroponía**

- La hidroponía, aunque presenta numerosas ventajas, también tiene desventajas que deben ser consideradas antes de optar por este método de cultivo.
- La sustentabilidad de la hidroponía no está en tela de juicio. Se trata de una importante solución para el mundo actual, en el cual los espacios verticales se están reduciendo y que demanda la disminución de los altos niveles contaminantes. (JACTO, 2024)

Sin embargo, el cultivo hidropónico también cuenta con desventajas que debes tener presente para así analizar si realmente te conviene, de acuerdo con tus necesidades, presupuesto y área de explotación. Estas son:

➤ ***Control más estricto del riego***

El riego debe ajustarse a las necesidades de la planta y ser mucho más constante.

Para que esto no demande una gran complejidad operativa, conviene invertir en herramientas de automatización del riego, que además conllevarán gastos adicionales en energía.

➤ ***Mayor costo de instalación***

Esta puede ser valorada como las desventajas del cultivo hidropónico para agricultores y productores con fines comerciales.

Optar por este sistema, para la agricultura intensiva, significa invertir en bombas, sustratos, tuberías, filtros, llaves de paso, contenedores y otros elementos.

➤ ***No es apto para todas las especies***

El cultivo hidropónico es recomendado, pero no para todas las especies. Por ejemplo, árboles frutales o vegetales de fruto subterráneo, como zanahorias y otros tubérculos, no son aptos para este método.

➤ ***Factores importantes para la hidroponía***

La hidroponía es un método de cultivo que requiere atención a varios factores críticos para asegurar el éxito y la productividad de las plantas.

- a) ***Calidad del Agua.*** -Para la fertiirrigación es otro de los factores importantes a tomar en cuenta dentro de la hidroponía. Mediante un análisis de agua podemos conocer los nutrientes que nos aporta e identificar las características del agua

que nos permitirán tomar mejores decisiones respecto al riego y fertirriego. (NETAFIM, 2021)

- b) **pH y Conductividad Eléctrica (CE).** - Los dos parámetros más básicos utilizados por todos los cultivadores son el pH y la EC (conductividad eléctrica) del agua.

Los niveles de pH son una indicación de la acidez del agua, que es fundamental para garantizar que las raíces absorban el agua y los nutrientes de manera eficiente. Las plantas difieren en sus niveles óptimos de pH, derivados de su historia evolutiva.

EC, mide la conductividad eléctrica del agua que mide la cantidad de minerales que contiene. Los niveles óptimos de EC también difieren entre los cultivos, aunque todos necesitan un cierto nivel mínimo para garantizar que los nutrientes estén realmente presentes en la solución.

Las raíces también son responsables de la absorción de oxígeno. Por lo tanto, para realizar la fotosíntesis de manera efectiva, se debe tener en cuenta la presencia de oxígeno en el área de la raíz. (DRYGAIR, 2024)

- c) **Sustrato.** - Los sustratos se pueden clasificar en **sustrato inorgánico** como perlita, lana de roca y tezontle cuya capacidad de intercambio catiónico es baja (2-3 meq/100gr), o **sustrato orgánico** como lo son fibra de coco, peat most, compostas, turbas cuya capacidad de intercambio catiónico es mayor (70-100 meq/100gr).

En cultivos como las berries debemos tener una buena proporción entre partículas orgánicas e inorgánicas. Los poros grandes se drenan rápido y tienen mayor capacidad de aireación, en cambio los poros con partículas pequeñas tienen mayor retención de humedad, pero menor capacidad de aireación. Debes tener en cuenta que la textura del sustrato cambia a lo largo del tiempo especialmente si es un sustrato orgánico lo que generará que al paso de los años pierda la capacidad de aireación y gane la capacidad de retención de humedad. (NETAFIM, 2021)

- d) **Nutrientes.** - La formulación adecuada de la solución nutritiva es esencial para el crecimiento saludable de las plantas. Los nutrientes deben ser suministrados en cantidades equilibradas y en el momento adecuado, lo que se logra mediante el uso de técnicas como el fertirriego, que permite una aplicación precisa.
- e) **Iluminación.** - Las plantas necesitan varios parámetros básicos para realizar la fotosíntesis y, por lo tanto, crecer. Estos son oxígeno, CO<sub>2</sub>, luz, nutrientes y agua. La iluminación y el CO<sub>2</sub> no son relevantes para el suelo, así que los dejaremos de lado por el bien de esta explicación.
- f) **Temperatura y Humedad.** - Las condiciones ambientales, como la temperatura y la humedad, deben ser controladas cuidadosamente para optimizar el crecimiento. Diferentes cultivos tienen diferentes requisitos, por lo que es fundamental adaptar estas condiciones a las necesidades específicas de cada planta

### ***2.1.3. Contexto Social***

El cultivo de lechuga hidropónica puede beneficiar a las comunidades locales al diversificar la producción agrícola, mejorar la seguridad alimentaria y ofrecer productos frescos y saludables en el mercado. Además, fomenta prácticas más sostenibles y responsables en la agricultura.

Este sistema representa una oportunidad de innovación dentro del panorama agrícola del Sena, contribuyendo a un desarrollo más sostenible y a la adaptación frente a los desafíos climáticos.

### ***2.1.4. Características de la hidroponía***

Es una forma sencilla, limpia y de bajo costo para producir vegetales de rápido crecimiento y generalmente ricos en elementos nutritivos. Con esta técnica de agricultura a pequeña escala se utilizan los recursos que las personas tienen a mano, como materiales de desecho, espacios sin utilizar y tiempo libre. Esta técnica de cultivo sin suelo evita los

impedimentos o limitaciones que representa el suelo en la agricultura convencional mediante el uso de sustratos, todo material sólido distinto a la tierra que se usa para la siembra en hidroponía como soporte para la planta y no para su alimentación. El uso de sustratos permite un control total sobre factores que afectan el desarrollo de la planta, como humedad, oxigenación y nutrición. Son cultivos sin suelo, en lo que respecta a no contener suelo natural. (Muñoz, 2017)

### ***2.1.5. Importancia de la producción del cultivo de lechuga en hidroponía***

Hoy en día, la hidroponía ha avanzado gracias al desarrollo del análisis químico, y lo ha hecho hasta tal punto que muchos la consideran una esperanza para el futuro de la humanidad. (Muñoz, 2017)

En concreto, podría ser una herramienta fundamental para combatir el hambre y la inseguridad alimentaria creciente a consecuencia de la superpoblación.

Los países menos desarrollados podrían aprovechar el gran potencial de la hidroponía para acabar con los problemas de escasez de suelo para uso agrícola y de sobrepoblación, en su mayoría sumida en una pobreza no ajena a las hambrunas.

Al mismo tiempo, los países ricos como Estados Unidos o Israel también elijan esta técnica para ganar espacio y beneficiarse de muchas de sus ventajas.

### ***2.1.6. Elementos nutricionales macro y micronutrientes.***

Las plantas, así como todos los organismos y microorganismos necesitan de nutrientes para poder reproducirse ya que luego de ser incorporados se reorganizan dentro del organismo para formar las nuevas células que integran su constitución interna. La planta para su subsistencia, desarrollo y producción necesita de algunos elementos nutricionales que se los encuentra en el ambiente, como son Carbono, Hidrógeno, Oxígeno y Nitrógeno, el mismo que forma parte del aire y del suelo. (Ledesma., 2022)

### ***2.1.7. Propiedades Nutritivas***

#### **2.1.7.1. Elementos macronutrientes**

La planta necesita los siguientes macronutrientes, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Azufre para su desarrollo y producción, para lo cual hace las siguientes distinciones a cada uno de ellos:

**Nitrógeno:** Es uno de los de 4 elementos más importantes para el desarrollo y producción de la planta, se encuentra presente en el ambiente con el 78% aunque constituye una gran parte del aire que respiramos, la mayoría de los organismos vivos no pueden acceder a él de esta forma. El nitrógeno atmosférico debe pasar por un proceso natural llamado fijación de nitrógeno para transformarse antes de que pueda usarse para la nutrición de las plantas.

**Fósforo:** El fósforo (P) es uno de los 17 nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. Sus funciones no pueden ser ejecutadas por ningún otro nutriente y se requiere un adecuado suplemento de P para que la planta crezca y se reproduzca en forma óptima.

**El potasio:** Mantiene el equilibrio iónico y el estatus hídrico dentro de la planta. Está involucrado en la producción y transporte de azúcares, activación enzimática, y síntesis de proteínas.

**Calcio:** Se ha demostrado que el calcio mejora el crecimiento de raíces en diferentes cultivos y en el caso de leguminosas participa en el desarrollo de nódulos.

**Azufre:** Tiene funciones que sirven a la planta como sistema de defensa y detoxificación. El azufre es importante en la protección de las células, ya que evita la deshidratación por calor y sequía y también juega un papel en la protección de los daños de las células por frío.

**Magnesio:** Tiene movilidad en las plantas, así que los síntomas de su deficiencia aparecen primero en las hojas más viejas: se tornan amarillas con venas verdes (i. e., clorosis intervenal). Aunque por lo general la disponibilidad del magnesio para ser absorbido por las plantas no resulta afectada significativamente por el pH de los sustratos para cultivo sin suelo, sí aumenta a medida que éste se incrementa. La deficiencia de magnesio a menudo es provocada por la falta de aplicación, pero también puede ser inducida si existen altos niveles de calcio, de potasio o de sodio en el sustrato. (Ledesma., 2022)

### 2.1.7.2. Elementos Micronutrientes

Los micronutrientes son elementos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, aunque se requieren en cantidades mucho menores que los macronutrientes.

**Boro (B):** Es crucial para la formación de la pared celular y el transporte de carbohidratos. También juega un papel importante en la fertilidad del polen y el desarrollo de las semillas.

**Cloro (Cl):** Participa en la fotosíntesis y es esencial para la fotólisis del agua, ayudando en la producción de oxígeno durante este proceso.

**Cobre (Cu):** Fundamental en procesos de oxidación-reducción y en la activación de varias enzimas que son necesarias para el metabolismo de las plantas.

**Hierro (Fe):** Es un componente esencial para la síntesis de clorofila y actúa como transportador de electrones en la fotosíntesis, además de estar involucrado en la absorción de nitrógeno.

**Manganeso (Mn):** Necesario para la formación de clorofila, participa en la producción fotosintética de oxígeno y es importante para la respiración celular.

**Molibdeno (Mo):** Implicado en la fijación del nitrógeno y en la reducción de nitratos, lo que es vital para el crecimiento saludable de las plantas.

**Zinc (Zn):** Participa en la síntesis del ácido indolacético (IAA), una hormona que regula el crecimiento vegetal, y es esencial para diversas funciones enzimáticas.

### ***2.1.8. En la Industria***

La hidroponía ha ganado relevancia en la industria agrícola moderna debido a su capacidad para optimizar la producción de alimentos en entornos controlados.

#### **2.1.8.1. Deficiencia en la hidroponía**

Los sistemas hidropónicos dependen de la composición y formulación de la solución nutritiva para proporcionar todos los elementos esenciales necesarios para el crecimiento y la producción ideales de las plantas. Sin embargo, las soluciones nutritivas son complejas y su composición cambia a medida que los iones minerales se extraen cuando fluyen a través del sistema radicular.

Las deficiencias en la producción hidropónica son más comunes que las toxicidades, ya que la absorción de muchos elementos por la planta tiene el potencial de eliminar nutrientes rápidamente, particularmente de soluciones de recirculación.

Los problemas de deficiencia más comunes en las culturas hidropónicas son el potasio en plantas frutales como tomates; hierro bajo ciertas condiciones ambientales; nitrógeno en algunos cultivos altamente vegetativos; y calcio en muchas especies, como lechuga, tomate y pimiento.

Para complicar aún más la nutrición de plantas hidropónicas, deficiencias (como ocurren en diferentes culturas) pueden o no ser el resultado de una deficiencia real en la solución nutritiva.

El potasio seguramente puede ser retirado rápidamente de una solución nutritiva a medida que la fruta se desarrolla y se expande, y porque la absorción de lujo ocurre en muchas culturas. Sin embargo, las deficiencias de hierro, calcio y magnesio en las hojas y los frutos se

producen incluso cuando hay más de una cantidad suficiente de estos elementos en una solución.

Estas deficiencias inducidas suelen llevar a los productores a pensar que hay un problema con la formulación de sus nutrientes cuando la causa suele ser más compleja.

➤ **Hierro**

La deficiencia de hierro es común en condiciones frías de crecimiento, donde el sistema radicular puede estar saturado o dañado, o donde el pH es alto.

➤ **Magnesio**

La deficiencia de magnesio en cultivos como los tomates puede ser inducida por altos niveles de absorción de potasio.

➤ **Calcio**

Deficiencia de calcio, que muestra como la punta quemada la lechuga y la flor podrida en los tomates y los pimientos, es un problema de transporte de calcio dentro de la planta en lugar de una falta de calcio en la solución. Es inducida por condiciones ambientales como alta humedad, que restringe la transpiración y la distribución de calcio. (Groho, 2024)

### ***2.1.9. Enfermedades radiculares***

Las enfermedades de raíz son una gran preocupación para los productores de hidroponía. Esto es particularmente cierto para los productores que utilizan NFT y otros sistemas de recirculación que podrían transportar rápidamente patógenos a un gran número de plantas.

Algunos patógenos que pueden atacar raíces en sistemas hidropónicos tienen síntomas que los hacen fáciles de identificar (con alguna práctica). Sin embargo, otros no pueden presentar ningún síntoma.

Un aspecto que estos patógenos tienen en común es su capacidad para reducir el crecimiento y el rendimiento de las plantas. Los patógenos más comunes que afectan las raíces en la producción hidropónica son pythium, phytophthora, fusarium, oospidium, plasmopara, didymella y verticillium. Otros también se han reportado para causar pérdidas de cultivos; de hecho, existen cerca de 20 patógenos fúngicos, cuatro virales y dos patógenos bacterianos que se asocian habitualmente a enfermedades de raíz en cultivos hortícolas hidropónicos. (Groho, 2024)

#### ***2.1.10. Zonas productoras de lechuga hidropónica en Bolivia***

Esta tecnología agrícola permite producir 1.500 cabezas de lechuga diarias; actualmente sólo producen entre 300 y 350 unidades, que se abren paso en los mercados de La Paz.

En Santa Cruz, la producción de lechugas y otros vegetales en sistemas hidropónicos ha experimentado un avance significativo.

Esta técnica se distingue del sistema convencional, ya que utiliza y manipula factores ambientales para crear la opción de producir cultivos sin la utilización de suelos.

Eco Gourmet, una de las empresas destacadas en esta actividad en la capital cruceña, emplea sustratos en soluciones que incorporan todos los macro y micronutrientes necesarios para el óptimo crecimiento de las plantas. (Publiagro, 2023)

#### ***2.1.11. Adaptación de la planta de lechuga en hidroponía***

Los nutrientes que tienen las soluciones hidropónicas se asemejan a los que están en la tierra, por lo tanto, tenemos esta producción que es más limpia, más sana, y sobre todo en el invernadero donde los cultivos están protegidos de los insectos, de la tierra y la contaminación. Así, este método puede adaptarse a cualquier espacio, desde pequeñas instalaciones caseras hasta grandes invernaderos comerciales. (Blog, 2024)

### ***2.1.12. Soluciones y fórmulas de la producción de lechuga en hidroponía***

Debido a que la lechuga es un cultivo vegetativo, una fórmula de cultivo bien balanceada es todo lo que se requiere para producir un cultivo de alta calidad. Las fórmulas de cultivo son proporcionalmente más altas en nitrógeno que las fórmulas de floración, generalmente con una relación N-P-K de aproximadamente 3-1-5. Generalmente se prefiere la forma nitrada de nitrógeno, con no más de aproximadamente 3-10% del nitrógeno disponible en forma de amoníaco. Los iones de amonio son rápidamente absorbidos y utilizados por las plantas de lechuga para un rápido crecimiento vegetativo, pero el exceso de nitrógeno de amoníaco produce un crecimiento de "rango", produciendo tejidos blandos y débiles con poca validez. El nitrógeno es utilizado más lentamente por la planta, produciendo plantas de lechuga más fuertes y saludables. Las mezclas de aminoácidos también pueden ser beneficiosas en un programa completo de nutrición de lechuga. Los aminoácidos son quelantes intermedios, mejorando la disponibilidad de calcio y otros cationes importantes para las plantas. Cuando se agrega ácido fosfórico al agua dura, los bicarbonatos se quemaron como dióxido de carbono y agua, pero los iones de calcio reaccionan para formar fosfato de calcio. El hueso está compuesto de fosfato de calcio y es 95% insoluble en agua; por lo tanto, el fosfato de calcio atrapa el calcio y el fosfato, haciéndolos no disponibles para la planta. Cuando se agregan aminoácidos, sin embargo, el calcio permanece disponible. Los quelantes de aminoácidos primarios, como el ácido glutámico y la glicina, se adhieren a los iones de calcio como una garra, evitando que reaccionen con el fósforo. Al mismo tiempo, el ácido glutámico y la glicina estimulan las células de la raíz para abrir canales de iones de calcio, consumiendo calcio de miles a millones de veces más rápido que la simple ósmosis. Dentro de la planta, el calcio se usa para fortalecer las paredes celulares y ayudar a proteger la lechuga del estrés por la temperatura, los ataques de patógenos y las enfermedades fisiológicas comunes como las quemaduras en la punta. (Blog, 2024)

### ***2.1.13. Clima y suelo***

Invertir en la hidroponía no solo mejora la eficiencia productiva, sino que también fortalece la resiliencia del sector agrícola frente a los desafíos climáticos y ambientales actuales. (Blog, 2024)

### ***2.1.14. Germinación de semillas de lechuga hidropónica***

No se necesita calor en el fondo para germinar las semillas de lechuga. Las lechugas son cultivos de clima frío, por lo que el calor excesivo en realidad puede retrasar o prevenir la germinación.

Simplemente cubra una bandeja de cubos de inicio con una lámina de plástico o domo de humedad, colóquela bajo luces fluorescentes y espere unos días para que germine.

Una vez que las raíces comienzan a aparecer en la parte inferior de los cubos, están listas para ser trasplantadas al sistema NFT. (Blog, 2024)

### ***2.1.15. Trasplante***

Cultivar lechuga en hidroponía, sistema NFT, el productor tiene como procedimientos básicos, la preparación a muda en la fase de germinación, de la cual se subdivide en fases de oscuridad (donde se induce la germinación) que necesita entre 24 y 20, 48 horas y luego la lechuga se transfiere a la bancada de germinación, donde permanecerá entre 7 a 10 días para su trasplante (dependiendo de las condiciones micro climáticas). Después de los 8 a 12 días de fase de producción de la muda, la plántula se transfiere a la fase intermedia, cuya duración se aproxima a 8 a 10 días. En la fase final, la estimación de cultivo es la de 22 a 25 días, para la cosecha de una lechuga crespa con masa de aproximadamente 350 g. Así, se estima un ciclo total de la lechuga hidropónica entre 38 a 47 días.

### **2.1.16. Sistema de Riego hidropónico**

Los sistemas de riego hidropónico funcionan mediante una instalación dentro del invernadero que cuenta con un equipo de bombeo que transporta el agua enriquecida con la solución de nutrientes con la presión deseada por los conductos hasta llegar al cabezal de riego automatizado que se coloca sobre las plantas.

#### **2.1.16.1. Partes del sistema de riego hidropónico**

Estas son todas las partes que componen cualquier sistema de riego hidropónico:

- Equipo de bombeo.
- Cabezales de riego automatizado.
- Sistemas de soporte de las plantas.
- Recipientes en los que se encuentran las disoluciones de nutrientes.
- Conductos para la conducción del riego.
- Mecanismo receptor del drenaje.
- Programador para el control del riego.

#### **2.1.16.2. ¿Cuáles son sus ventajas?**

Estos sistemas de riego cuentan con numerosas ventajas para nuestro invernadero. Estas son algunas de las más destacadas:

- ✓ Permiten mantener un nivel de humedad constante independientemente del clima.
- ✓ Ayudan a reducir los riesgos derivados por exceso de irrigación.
- ✓ Permiten lograr una mejor planificación y operatividad en el invernadero.
- ✓ Son sistemas fáciles de automatizar y programar.
- ✓ Optimizan el gasto en fertilizantes.
- ✓ Permiten reducir el malgasto de agua.

- ✓ Ayudan a aumentar el rendimiento de los cultivos y la calidad de la producción.

### **2.1.17. Descripción de la planta de lechuga**

En el municipio del Sena, Cobija, Bolivia, el cultivo de lechuga hidropónica se presenta como una alternativa interesante dentro de los sistemas productivos. Este método, que no requiere suelo, utiliza soluciones nutritivas para el crecimiento de las plantas, lo que permite un control más preciso sobre los nutrientes y un uso eficiente del agua.

### **2.1.18. Origen**

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una de las 300 especies del género *Lactuca*. El nombre genérico *Lactuca* procede del latín *lactis* (leche). Tal etimología se refiere a la savia de apariencia láctea que exudan los tallos de esta planta al ser cortados. El término *sativa* hace referencia a su carácter de especie cultivada.

Existen diferentes opiniones acerca del origen de la lechuga. Algunos autores postulan que fue en Egipto, alrededor del año 2.500 a. C., donde se encontraron representaciones de hojas largas de lechugas en paredes de algunas tumbas egipcias. Sin embargo,

su origen probablemente sea del sudoeste asiático, del área alrededor de los ríos Éufrates y Tigris, donde se cree que la humanidad inició la agricultura y de donde provienen la mayor cantidad de variedades silvestres emparentadas. (Bilbao, 2022)

### **2.1.19. Taxonomía de la lechuga**

Taxonomía. La lechuga pertenece a la familia de las compuestas y su nombre botánico es *Lactuca sativa* (desarrollo, 2005)

**Tabla 1:** *Taxonomía de la planta de lechuga*

<b>Categoría Taxonómica</b>	<b>Clasificación</b>
-----------------------------	----------------------

<b>Reino</b>	Plantas
<b>División</b>	<i>Magnoliofitas</i>
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	Asterales
<b>Familia</b>	Asteráceas
<b>Género</b>	Lactuca
<b>Especie</b>	Lactuca sativa

### ***2.1.20. Cultivo de lechuga***

La producción mundial de lechuga fue de 27,660,187 toneladas, obtenidas en una superficie cosechada de 1,226,370 hectáreas, por lo que el rendimiento promedio quedó en 22.6 toneladas por hectárea, según la información presentada en FAOSTAT para el año 2020.

En 2020 China, Continental fue el principal productor de lechuga en el mundo con 14,318,667 toneladas (51.8%), seguido por Estados Unidos de América con 4,402,375 toneladas (15.9%) y India con 1,121,379 toneladas (4.1%), por lo que estas 3 naciones representaron el 71.7% de la producción mundial (lechuga, 2019)

La producción de lechuga en Bolivia ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, convirtiéndose en un componente clave de la agricultura nacional. Este aumento en la producción responde a una creciente demanda de vegetales frescos tanto en el mercado interno como en la exportación. La lechuga, apreciada por su valor nutricional y versatilidad en la cocina, se cultiva en diversas regiones del país, destacando especialmente La Paz, Santa Cruz y Cochabamba.

Las condiciones climáticas de estas regiones son favorables para el cultivo de lechuga, permitiendo su producción durante todo el año. En Santa Cruz, por ejemplo, el clima cálido y los suelos fértiles contribuyen a rendimientos altos. Por otro lado, La Paz se beneficia de un entorno diverso que permite cultivar diferentes variedades adaptadas a sus altitudes.

En respuesta a estos desafíos, la adopción de tecnologías innovadoras, como la hidroponía, ha comenzado a ganar terreno en Bolivia. Este método permite cultivar lechuga sin suelo, utilizando soluciones nutritivas, lo que optimiza el uso del agua y mejora el control sobre los nutrientes. La hidroponía no solo ofrece beneficios agronómicos, sino que también puede ser una solución viable en áreas urbanas donde el espacio es limitado.

Con el objetivo de garantizar la seguridad alimentaria en las familias, el Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, viene promoviendo la producción de lechuga en el departamento de Pando, con el fin de reducir la carencia y los precios elevados de este producto en los mercados de Cobija. Con el apoyo del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, se están implementando carpas solares con laterales abiertos, para producir inicialmente lechuga, pues también se viene ensayando la producción de pepino, morrón, cebollín y otras hortalizas. (Pando, 2015)

Sena-Pando es un municipio situado en el departamento de Pando, Bolivia, reconocido por su rica diversidad cultural y su entorno natural. Según el censo realizado el 23 de marzo de 2024, la población del municipio es de 10,264 habitantes, lo que indica un crecimiento constante en los últimos años.

El departamento de Pando en particular y el norte amazónico en general, es una región caracterizada por tener una economía altamente silvícola extractiva.

En el caso de Pando la extracción comercial de productos no maderables, principalmente castaña, se ha desarrollado por mucho tiempo en un contexto de relativo aislamiento geográfico, lo que no ha impedido que la producción de castaña se convierta en el pilar de la economía regional. Para muchas familias rurales y urbanas de la región, la recolección de castaña representa una parte importante de sus ingresos.

Miles de trabajadores migrantes se trasladan estacionalmente a las comunidades y barracas de la región para trabajar como zafreiros, desde el mes de noviembre en el que se encuentran los

### ***2.1.21. Morfología de la lechuga***

#### **➤ Raíz**

La raíz principal es pivotante, corta puede llegar a penetrar hasta 30 cm de profundidad, con pequeñas ramificaciones, crece muy rápida, con bastante látex, tiene numerosas raíces laterales de absorción, las cuales se desarrollan en capas superficiales del suelo a una profundidad de 5 a 30 cm.

#### **➤ Tallo**

El tallo es pequeño, muy corto, cilíndrico y no se ramifica cuando la planta está en el estado óptimo de cosecha; sin embargo, cuando finaliza la etapa de comercialización, el tallo se larga hasta 1.2 m de longitud, con ramificaciones del extremo y presencia, en cada punta de las ramillas terminales una inflorescencia.

#### **➤ Hojas**

Por su forma lanceoladas, oblongas o redondas. El borde de los limbos es liso, lobulado, ondulado, aserrado o dentado, lo cual depende de la variedad. Su color es verde amarillento, claro u oscuro; rojizo, purpura o casi morada, dependiendo del tipo y el cultivar.

#### **➤ Flores**

Las flores están agrupadas en capítulos dispuestos en racimos o corimbos, compuestos por 10 a 25 floretes, con receptáculo plano, rodeado por brácteas imbricada.

#### **➤ Semilla**

El fruto es un aquenio típico y la semilla es exalbuminosa, picuda y plana, la cual botánicamente es un fruto: tiene forma aovada, achatada, con tres a cinco costillas en cada cara, de color blanco, amarillo, marrón o negro, mide de 2 a 5 mm.

### ***2.1.22. Sistema de producción de lechuga tradicional***

La lechuga es un cultivo hortícola que puede ser producido en distintos sistemas, la producción al aire libre es el sistema más utilizado en el país, es iniciado en almácigo, requiere de un buen suelo y bastante agua, la temperatura juega un rol muy importante en el crecimiento de este tipo de hortaliza, crece en climas donde la temperatura ronde entre 18 y 25°C. Sin embargo, hay variedades para producción invernal en la actualidad. La producción de lechuga de forma tradicional requiere de un consumo excesivamente elevado de agua para cubrir el área a sembrar de esta hortaliza, aunque una importante innovación en la producción al aire libre ha sido el "mulch" o coberturas plásticas ya que incrementan la eficiencia del uso de agua por un sistema de riego tecnificado; los riesgos disminuirán debido a la reducción de la evaporación por lo tanto existe un ahorro de agua. Sin embargo, esta innovación en el cultivo al aire libre genera un mayor costo inicial para los productores, lo que provoca un incremento en los costos de producción, pero estos se verán compensados por los ingresos extra que generan cosechas más tempranas y de mayor rendimiento. En un área de producción al aire libre, se puede tener una población de 75,000 a 80,000 plantas/ha, es decir se requiere de 2kg/ha de semilla, distanciando las plántulas a cada 30 cm, es necesario realizar previamente un análisis de suelo para un aprovechamiento de nutrientes o fertilizantes. Requiere un tratamiento de 170-90-120 (N, P, K) el riego se efectuará con una frecuencia de 10 días, en función de la textura del suelo y la fuente de abasto. Se recomienda efectuar cortes múltiples, el rendimiento a nivel nacional es de 20.5 ton/ha. La siembra de lechuga en el sistema de producción tradicional ofrece un amplio rango de producción en un espacio al aire libre, pudiendo tecnificar dentro de su 2 producción con acolchado o "mulch" para incrementar la eficiencia en el uso de recursos como el agua, además de servir como un método anti malezas. En este tipo de cultivo no se asegura el buen uso de prácticas agrícolas, ya que, para cubrir el riego del amplio espacio, se podrán utilizar aguas negras que comprometan la calidad del producto. (Salazar, 2021)



**CAPITULO III**

**MARCO**

**METODOLOGICO**

### **3.1. Tipo de investigación**

En el presente trabajo se aplicó el tipo de investigación de campo, una investigación de campo o estudio de campo es un tipo de investigación en la cual se adquieren o miden datos sobre un suceso en particular, en el lugar donde suceden. Es decir que, el investigador se traslada hasta el sitio donde ocurre el fenómeno que desea estudiar, con el propósito de recolectar información útil para su investigación. En la presente investigación se trata de conocer las distintas etapas de producción del cultivo de lechuga bajo la técnica hidropónica NFT desde germinación, crecimiento y cosecha. Además, se trata de encontrar una explicación técnica de los resultados obtenidos.

### **3.2. Enfoque**

La presente investigación adopta un enfoque metodológico mixto, que articula elementos cualitativos y cuantitativos con el propósito de lograr una comprensión integral del fenómeno estudiado. Esta elección metodológica responde a la necesidad de desarrollar una ejecución experimental en condiciones reales, precedida por un análisis bibliográfico y documental riguroso, que sustenta teóricamente la integración de datos numéricos con descripciones detalladas del comportamiento del cultivo.

Desde la perspectiva cuantitativa, se procederá a la recolección y análisis de datos relacionados con variables específicas del desarrollo del cultivo, tales como el número, tamaño y peso de los frutos, así como el tiempo requerido para la cosecha y otros indicadores clave de productividad. Esta información será sometida a un tratamiento estadístico, lo que permitirá evaluar de forma objetiva el rendimiento del sistema hidropónico implementado.

Complementariamente, el enfoque cualitativo posibilitará el registro sistemático de observaciones directas vinculadas a aspectos no cuantificables, como el estado fenotípico general de las plantas, las respuestas visuales frente al manejo nutricional o ambiental, y los desafíos operativos surgidos durante las distintas fases del cultivo. Este componente se fundamenta tanto en la revisión documental inicial como en las experiencias empíricas

adquiridas durante el proceso experimental, proporcionando una visión más amplia y contextualizada de los resultados obtenidos.

### **3.3. Método**

Para el desarrollo de esta investigación se utilizarán tanto métodos teóricos como empíricos. Dentro de los teóricos se aplicarán el método de análisis-síntesis y el método inductivo, mientras que en la parte empírica se adoptará el método experimental, con el fin de describir los **índices productivos del cultivo de lechuga Invicta RZ (Lactuca sativa L.)** en un sistema hidropónico NFT, en la casa hidropónica "El Edén" del municipio El Sena, departamento Pando.

### **3.4. Población y muestra**

#### ***3.4.1. Población***

La población del presente trabajo de investigación estará formada por un sistema de plataforma de 8 metros de largo y 2 metros de ancho y 10 líneas de tubos con una densidad de siembra de 20 centímetros entre surco y 20 centímetros entre plantas ando una cantidad de 400 plantas en total.

#### ***3.4.2. Muestra***

El presente trabajo de investigación tiene un número de población finita por lo tanto no se aplicó ningún tipo de fórmula para determinar la muestra, lo que significa que las 400 repeticiones en el sistema de producción serán evaluadas.

### 3.5. Técnicas e Instrumentos de investigación

#### 3.5.1. Técnicas

- **La Observación:** Esta técnica permite al investigador definir previamente los datos más importantes que deben recogerse por tener una relación directa con el problema de investigación.
- **Documentación.** La presente técnica consiste en documentar información que otorgara datos específicos sobre un tema determinado. Se aplicará el instrumento de investigación la ficha bibliográfica el cual nos permitirá la recolección de bases de datos, libros, revistas y materiales de investigaciones y trabajos concernientes al tema.

#### 3.5.2. Instrumentos

- **Hoja de registro:** El instrumento que se aplicara es la hoja de registro o el diario de campo que se pretende conocer información para luego sintetizarlos y que sirva de apoyo para la investigación.

### 3.6. Referencia Geográfica donde se Ejecuta la Investigación

#### 3.6.1. Ubicación del proyecto

*Figura 1: Localización del vivero la casa del Edén*



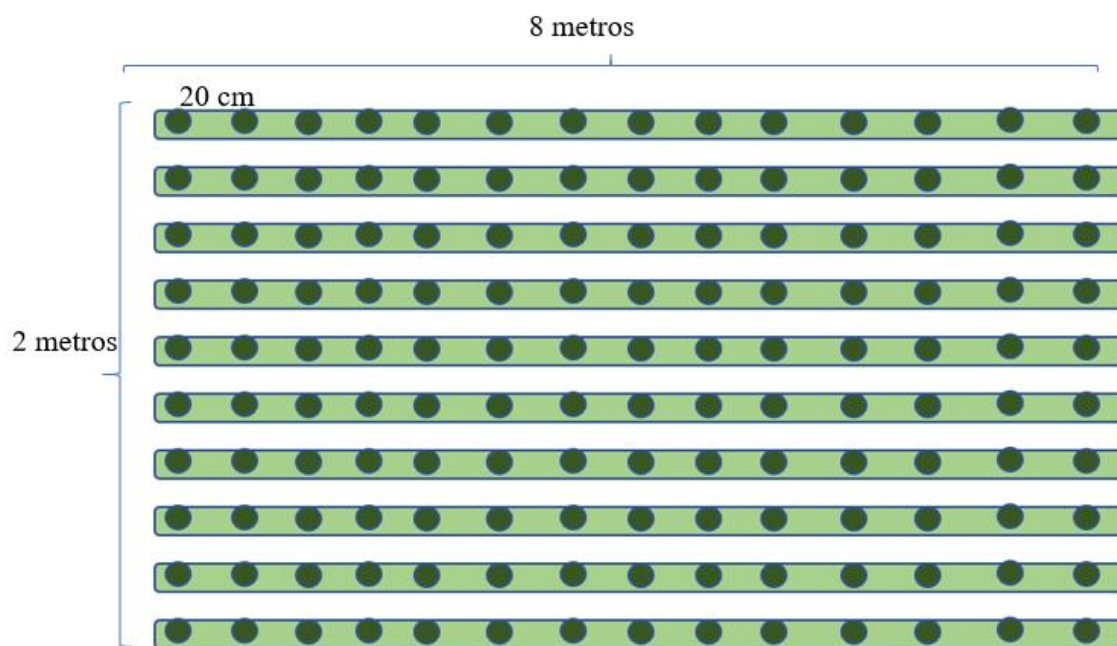
Nota: Fuente Google maps

La presente investigación se estableció en la gestión del 2024 en la Unidad de producción Casa Hidropónica El Edén, ubicada en el área urbana en el municipio del Sena tercera sección de la provincia madre de Dios del departamento de Pando, posee un área de 450 metros cuadrados, está situado a una altura promedio de 200 metro sobre el nivel del mar, su topografía es plana con una ligera ondulación cuenta con un clima tropical húmedo y cálido con una temperatura media de 25.5°centígrado.

### 3.7. Diseño del módulo de experimento.

El presente trabajo de investigación se establece en un diseño de cultivo en un sistema hidropónico con la técnica NFT, con el factor de estudio, crecimiento y rendimiento del cultivo de lechuga Invicta RZ (*Lactuca Sativos L*) para medir los índices productivos de este cultivo con una densidad de siembre en el sistema de 20 centímetros de planta a planta y 2 centímetros entre surcos, mismo que recibió tratamientos de 15 riegos con solución nutritiva de 15 minutos en intervalos de media hora durante el transcurso del día por una y un periodo de 55 días.

**Figura 2:** Croquis del área experimental



Fuente: Elaboración propia

### **3.8.Descripción del Material de Requerimiento**

#### ***3.8.1. Materiales de escritorio***

- Computadora
- Impresora
- Resma (tamaño carta)
- Calculadora
- Cuaderno de apuntes
- Bolígrafos
- USB
- Libros de consulta
- Cámara fotográfica
- Marcadores

#### ***3.8.2. Herramientas***

- Pala
- Machete
- Martillo
- Alicata
- Alambre de amarre
- Cuchillo

#### ***3.8.3. Maquinaria y equipos***

- Mochila fumigadora
- Lápiz medidor de PH

#### **3.8.4. Material de limpieza y desinfección**

- Hipo clorito
- Esponjas
- Recipientes plásticos
- Valde
- Agua

#### **3.8.5. Material Biológico**

- Semillas de pepino (*Cucumis sativus L.*)
- Micro nutrientes.
  - Nitrato de calcio.
  - Nitrato de potasio.
  - Quelato de magnesio.
  - Nitrato de potasio
- Macro nutrientes.
  - Sulfato de magnesio
  - Fosfato de mono amónico
  - Fosfato de mono potasio
  - Espuma fenólica.

### **3.9. Detalle del Trabajo de Investigación que se va ejecutar**

#### **3.9.1. Variables a evaluar**

Para analizar el rendimiento del cultivo de pepino, se definieron una serie de variables productivas que permiten cuantificar el comportamiento fisiológico y comercial de la planta bajo las condiciones establecidas en la investigación. Estas variables son fundamentales para valorar el potencial del sistema de producción y la calidad del producto final. A continuación, se detallan los indicadores seleccionados:

### 3.9.1.1. Altura de planta (cm)

➤ **Altura de la planta:** Se medirá en el estado de madurez del cultivo, desde la base de la planta hasta la parte apical (punto más alto), utilizando una cinta métrica. Esta medición se realizará en centímetros (cm) para determinar el crecimiento vertical de cada planta de la lechuga.

### 3.9.1.2. Número de hojas por planta

Número de hojas por planta: Se contará el total de hojas desarrolladas en cada planta en el momento de la cosecha. Esta actividad se realizará manualmente, hoja por hoja, considerando únicamente aquellas que estén completamente formadas y sanas. El conteo se llevará a cabo para evaluar el desarrollo foliar de la lechuga cultivada en sistema hidropónico.

### 3.9.1.3. Peso por plantas.

**Peso por planta:** Se pesará cada planta de lechuga después de la cosecha, eliminando el exceso de agua superficial. Para esta medición se utilizará una balanza digital de precisión, y los resultados se expresarán en gramos (g). Esta variable permitirá determinar el rendimiento individual de cada planta en términos de masa fresca.

### 3.9.1.4 Variables de edad de cosecha

**Edad de cosecha:** Se registrará el número de días transcurridos desde el trasplante hasta la fecha de cosecha. Este dato se obtendrá mediante el seguimiento diario del cultivo y se expresará en días. Esta variable servirá para establecer la duración del ciclo productivo de la lechuga en condiciones hidropónicas.

### **3.9.1.5. Recolección de datos**

Las variables de crecimiento se medirán cada 10 días y las variables de producción de midieron al día 55 durante la cosecha del cultivo.

Los instrumentos que se utilizaran en el levantamiento de los datos son: tabla de campo, hojas de registro, vernier, cinta métrica, lápiz, cuaderno, calculadora, cámara fotográfica, celular.

### **3.9.2. Establecimiento de semillero**

El proceso comenzará con la selección de semillas de lechuga de alta calidad, específicamente variedades adaptadas a cultivos hidropónicos. Las semillas serán sembradas en bandejas de germinación usando como sustrato espuma fenólica, asegurando un medio ligero y aireado. Estas bandejas se mantendrán en un ambiente controlado con buena iluminación y humedad, lo que permitirá una germinación uniforme en un rango de 3 a 5 días. Este paso será importante para asegurar plántulas fuertes y sanas para el trasplante.

### **3.9.3. Preparación del sistema**

Aunque se tratará de un cultivo hidropónico, la preparación del sistema será esencial. Se ensamblarán los canales de cultivo tipo NFT (Nutrient Film Technique), asegurándose de que estén nivelados y limpios. Se preparará la solución nutritiva, ajustando el pH a un rango de 5.5-6.0 y controlando la conductividad eléctrica (CE) en niveles óptimos (entre 1.5-2.5 mS/cm). Este paso será fundamental para garantizar que las plantas tengan acceso a los nutrientes adecuados durante su desarrollo.

#### ***3.9.4. Control de malezas***

El cultivo hidropónico eliminará prácticamente el problema de las malezas, ya que las plantas crecerán en un sistema cerrado. Sin embargo, se realizarán inspecciones periódicas para retirar cualquier material orgánico extraño que pueda contaminar el sistema. Este control preventivo será vital para evitar problemas de plagas y enfermedades que podrían surgir debido a la acumulación de restos vegetales.

#### ***3.9.5. Trasplante***

Cuando las plántulas alcancen entre 10 y 15 días, con raíces bien formadas y hojas desarrolladas, se trasplantarán cuidadosamente a los canales hidropónicos. Se colocarán en esponjas especiales que sostendrán las plantas sin dañar sus raíces. Este paso se realizará temprano en la mañana para evitar el estrés por calor y garantizar una rápida adaptación al nuevo ambiente.

#### ***3.9.6. Riego***

El riego se realizará de forma continua mediante la circulación de la solución nutritiva en los canales NFT. Este sistema asegurará que las raíces estén siempre hidratadas y nutridas. Se monitoreará diariamente el flujo de agua y los niveles de nutrientes para evitar desequilibrios. Este manejo será clave para mantener un crecimiento óptimo y evitar pérdidas.

#### ***3.9.7. Manejo fitosanitario***

Se realizarán inspecciones diarias para detectar plagas como pulgones o enfermedades fúngicas. Como medida preventiva, se emplearán extractos de ajo y jabón potásico en bajas concentraciones para evitar infestaciones sin dañar el cultivo. Además, se asegurarán niveles

adecuados de ventilación y temperatura en el invernadero para prevenir el desarrollo de hongos debido a la alta humedad.

### ***3.9.8. Cosecha***

La cosecha se realizará aproximadamente a los 40 días después del trasplante, cuando las lechugas alcancen su tamaño comercial y un buen peso. Se cortarán cuidadosamente las plantas por la base para evitar daños, se enjuagarán con agua limpia y se empaquetarán inmediatamente. Este proceso asegurará la frescura y calidad del producto final, listo para la comercialización.

## **3.10. Plan de Procesamiento de la Información**

El procesamiento de la información que se recolectará durante el desarrollo de la investigación constituirá una etapa fundamental para interpretar los resultados obtenidos y dar cumplimiento a los objetivos propuestos. En este estudio, se aplicarán procedimientos sistemáticos para organizar, analizar y presentar los datos provenientes del cultivo de lechuga Invicta RZ bajo sistema hidropónico NFT, con el fin de determinar sus índices productivos en condiciones amazónicas.

### ***3.10.1. Organización y tabulación de datos***

Una vez finalizada la etapa de recolección de datos en campo, la información obtenida mediante hojas de registro será organizada y sistematizada en tablas de Excel. Cada una de las 400 plantas será identificada con un número correlativo, lo que permitirá realizar un seguimiento individual por variable. Las mediciones correspondientes a altura de planta (cm),

número de hojas, peso fresco (g) y edad de cosecha (días), serán agrupadas según el día de evaluación y la variable analizada.

Este ordenamiento inicial facilitará la construcción de una base de datos confiable, permitiendo identificar tendencias generales, desviaciones y comportamientos sobresalientes dentro del sistema de producción evaluado.

### ***3.10.2. Clasificación y codificación***

Posteriormente, se procederá a la clasificación de los datos en categorías que facilitarán su análisis comparativo. Para tal efecto, las variables cuantitativas serán distribuidas en rangos: por ejemplo, altura de planta en intervalos de 36 cm, 44 cm y 55 cm; número de hojas en 12, 13 y 15 hojas; peso fresco en cinco categorías (desde 279 g hasta 337,4 g); y edad de cosecha en rangos de 44, 49 y 55 días.

Este sistema de codificación permitirá observar la distribución de frecuencia dentro de cada variable, lo cual será esencial para detectar el comportamiento predominante del cultivo, así como las posibles variaciones fisiológicas que se presenten entre las plantas.

### ***3.10.3. Análisis estadístico descriptivo***

Para el tratamiento de la información se aplicarán herramientas estadísticas descriptivas, mediante el uso de hojas de cálculo, donde se calcularán frecuencias absolutas, porcentajes, promedios y se construirán gráficos de barras. Este análisis permitirá representar de forma visual los patrones de crecimiento y desarrollo de las plantas evaluadas. A través de esta técnica se logrará establecer qué porcentaje de las plantas se encontrarán dentro del rango comercial aceptado, y cuáles superarán o no alcanzarán los valores promedio

esperados para la variedad Invicta RZ. Esta información será crucial para validar la hipótesis alternativa planteada en la investigación.

#### ***3.10.4. Interpretación de los resultados***

Los resultados estadísticos serán interpretados de acuerdo con los objetivos específicos del trabajo, contrastando los datos obtenidos con los parámetros técnicos de la variedad evaluada en otros estudios y en condiciones controladas. Se analizará la viabilidad del sistema NFT en el contexto agroecológico del municipio El Sena, considerando factores como eficiencia hídrica, calidad del producto y comportamiento fenológico de las plantas. Asimismo, se considerarán aspectos como la variabilidad de desarrollo entre las plantas, la precocidad de cosecha que se observará en un 31% de las muestras, y los rendimientos por encima del estándar en el 29% restante. Esta interpretación permitirá extraer conclusiones técnicas sobre la efectividad del sistema aplicado y generar propuestas de mejora para futuros cultivos hidropónicos en la región.

**CAPITULO IV**

**RESULTADOS DE LA**

**INVESTIGACION**

## 4.1. Resultados

De acuerdo con los objetivos planteados y habiendo efectuado el trabajo experimental conforme al diseño metodológico establecido, a continuación, se presentan los resultados obtenidos durante el desarrollo del cultivo de lechuga en sistema hidropónico NFT. Estos datos reflejan el comportamiento agronómico de la variedad evaluada bajo las condiciones específicas del experimento, permitiendo analizar el rendimiento, el desarrollo vegetativo y la eficiencia del sistema aplicado en términos de producción y calidad.

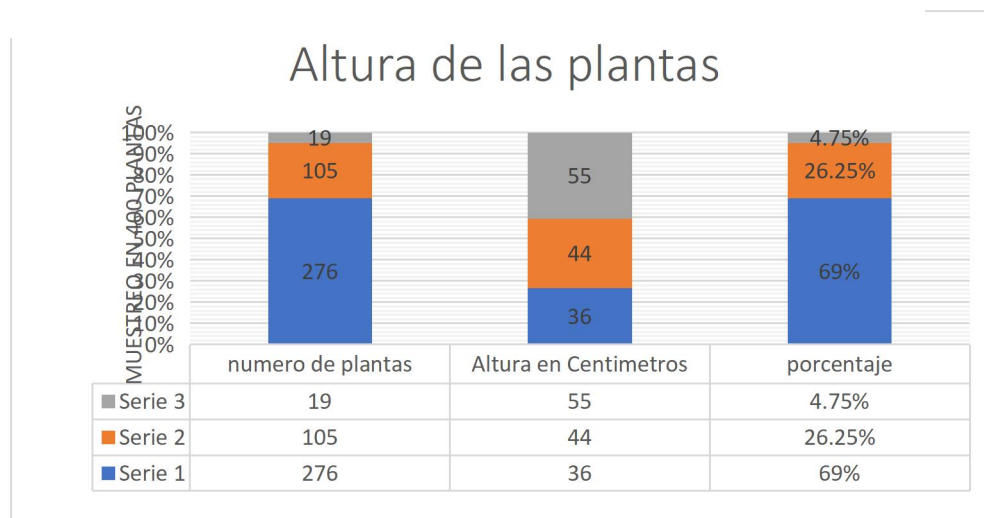
### 4.1.1. Variables evaluadas

#### 4.1.1.1. Altura de planta en centímetros

**Tabla 2:** Datos de medición de altura

Altura de las plantas en centímetros			
Nro.	número de plantas	Altura en Centímetros	porcentaje
<b>Serie 1</b>	276	36	69%
<b>Serie 2</b>	105	44	26.25%
<b>Serie 3</b>	19	55	4.75%
<b>Total</b>	<b>400</b>	<b>45</b>	<b>100%</b>

**Figura 3:** Datos de medición de altura:



El gráfico representa la distribución de alturas en un muestreo de 400 plantas de lechuga, clasificadas en tres grupos según su desarrollo:

**Grupo 1 (Serie 1):** 276 plantas (69%) alcanzaron una altura de 36 cm, representando el crecimiento más frecuente dentro del cultivo. Este valor puede considerarse como el promedio predominante bajo las condiciones del sistema implementado.

**Grupo 2 (Serie 2):** 105 plantas (26,25%) alcanzaron una altura de 44 cm, lo que indica un desarrollo superior al promedio y sugiere variabilidad en el comportamiento fisiológico de ciertas plantas, posiblemente por diferencias en la distribución de nutrientes, luz o genética.

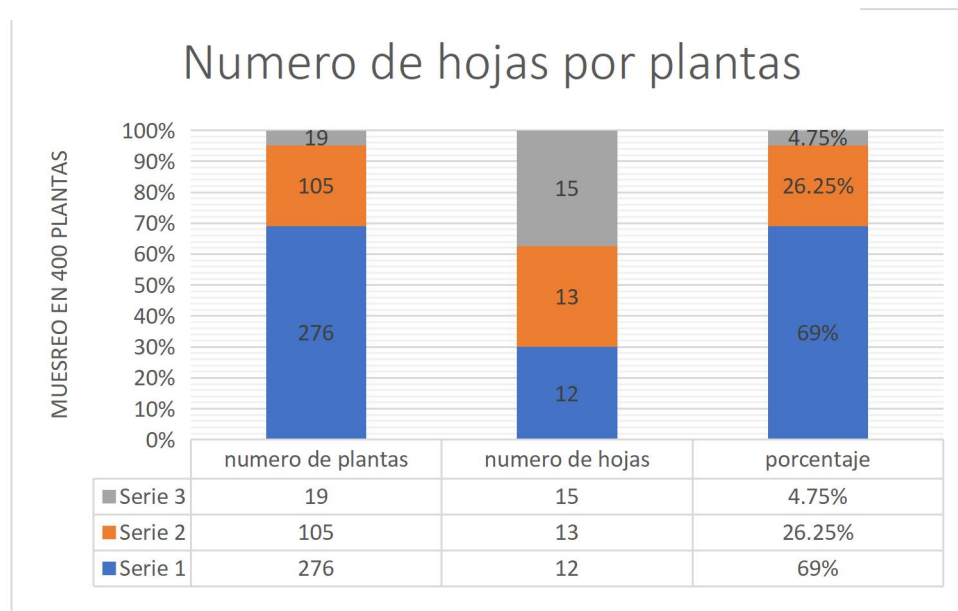
**Grupo 3 (Serie 3):** 19 plantas (4,75%) lograron una altura de 55 cm, lo que representa un grupo minoritario con un crecimiento significativamente mayor, considerado como fuera del promedio.

#### 4.1.1.2. Número de hojas por planta

*Tabla 3: Numero de hojas por planta*

Numero de hojas por plantas			
Nro.	Número de plantas	Numero de hojas	porcentaje
<b>Serie 1</b>	276	12	69%
<b>Serie 2</b>	105	13	26.25%
<b>Serie 3</b>	19	15	4.75%
<b>Total</b>	<b>400</b>	<b>13.3</b>	<b>100%</b>

**Figura 4:** Numero de hojas por planta



El presente gráfico ilustra la distribución del número de hojas en un total de 400 plantas de lechuga, divididas en tres grupos según su desarrollo foliar:

**Grupo 1 (Serie 1):** 276 plantas (69%) presentaron 12 hojas, lo cual constituye la mayoría del cultivo. Esta cifra puede considerarse como el valor estándar o promedio alcanzado bajo las condiciones del sistema de producción empleado.

**Grupo 2 (Serie 2):** 105 plantas (26.25%) desarrollaron **13 hojas**, mostrando un leve incremento en el número de hojas respecto al promedio. Este grupo representa plantas con un desarrollo vegetativo ligeramente superior.

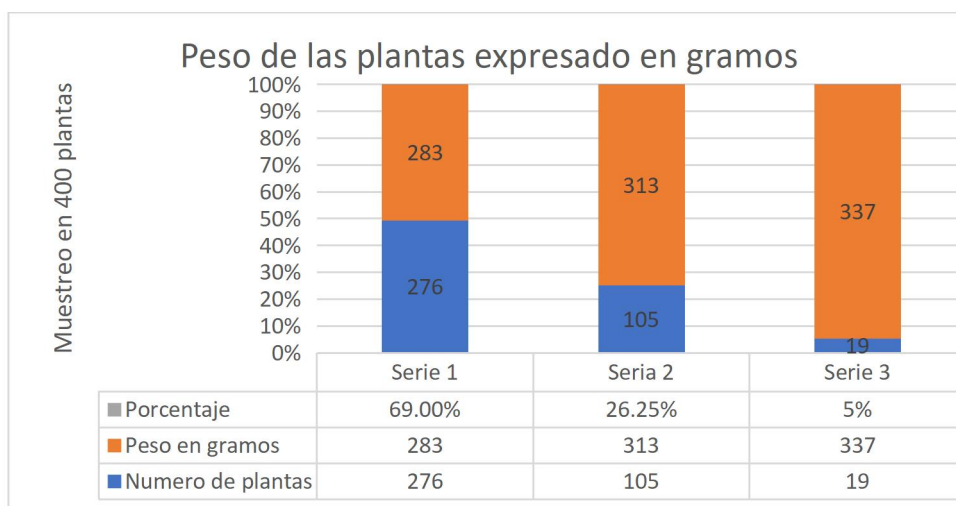
**Grupo 3 (Serie 3):** 19 plantas (4.75%) lograron **15 hojas**, evidenciando un rendimiento foliar superior, aunque se trata de un grupo reducido dentro del total evaluado.

#### 4.1.1.3. Peso por plantas.

*Tabla 4: Datos del peso en gramos por plantas*

Peso de las plantas en gramos			
Nro. Serie	Número de plantas	Peso en gramos	Porcentaje
1	276	283	69.00%
2	105	313	26.25%
3	19	337	5%
<b>total</b>	<b>400</b>	<b>311</b>	<b>100.00%</b>

*Figura 5: Peso de las plantas expresado en gramos*



El presente cuadro muestra la distribución del peso en gramos de un total de 400 plantas de lechuga, agrupadas en tres series según su peso individual al momento de la cosecha:

Serie 1: 276 plantas (69%) presentaron un peso promedio de 283 gramos, constituyendo la mayoría del cultivo. Este grupo puede considerarse como el rango de peso

estándar bajo las condiciones del sistema de producción evaluado, reflejando un desarrollo común y esperado.

**Serie 2:** 105 plantas (26,25%) alcanzaron un peso de 313 gramos, superior al grupo anterior. Este comportamiento puede atribuirse a factores como un mejor aprovechamiento de nutrientes, mayor densidad foliar o diferencias genéticas dentro del lote.

**Serie 3:** 19 plantas (4,75%) lograron el mayor peso promedio con 337 gramos, representando un pequeño grupo con un desarrollo significativamente superior. Aunque minoritario, este grupo podría indicar el potencial de seleccionar líneas más productivas o mejorar técnicas de manejo agronómico.

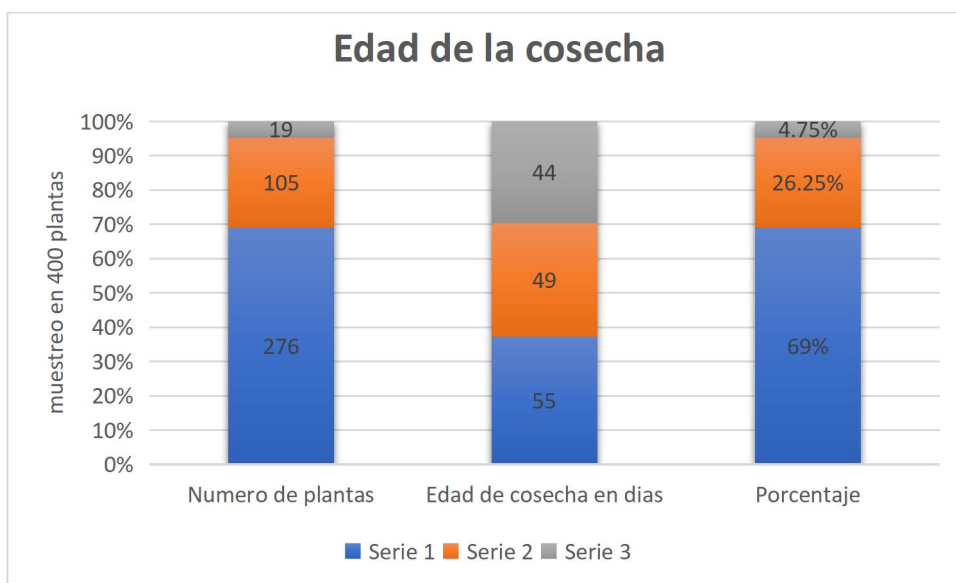
En resumen, el 69% de las plantas se ubicó en el rango de peso considerado estándar, mientras que el 31% restante mostró un desarrollo superior. Esta variabilidad en el peso sugiere oportunidades para optimizar la producción y mejorar la uniformidad del cultivo.

#### 4.1.1.4. Edad de cosecha expresado en días

*Tabla 5: Edad de cosecha expresado en días*

Edad de cosecha de las plantas			
Nro.	Número de plantas	Día	porcentaje
<b>Serie 1</b>	276	55	69%
<b>Serie 2</b>	105	49	26.25%
<b>Serie 3</b>	19	44	4.75%
<b>Total</b>	<b>400</b>	<b>49.3</b>	<b>100%</b>

**Figura 6:** Datos de la edad del cultivo a la cosecha



El presente gráfico muestra la distribución de la edad de cosecha en días para un total de 400 plantas de lechuga, divididas en tres grupos según el momento en que alcanzaron su madurez comercial:

**Serie 1:** 276 plantas (69%) fueron cosechadas a los 55 días, lo que representa la mayoría del cultivo. Este grupo puede considerarse como el valor estándar o edad óptima de cosecha bajo las condiciones del sistema de producción evaluado.

**Serie 2:** 105 plantas (26,25%) fueron cosechadas a los 49 días, es decir, antes del promedio establecido. Estas plantas presentan un desarrollo acelerado, lo cual podría asociarse a condiciones favorables de crecimiento o variabilidad genética.

**Serie 3:** 19 plantas (4.75%) alcanzaron su punto de cosecha a los 44 días, evidenciando un desarrollo aún más rápido. Aunque se trata de un grupo reducido, sugiere potencial para ciclos de producción más cortos, lo cual podría explorarse en futuras investigaciones.

En resumen, el 69% de las plantas se cosechó en el tiempo considerado estándar, mientras que el 31% restante alcanzó su madurez de forma anticipada. Esta variabilidad en la edad de cosecha refleja un comportamiento positivo, pero también plantea oportunidades para mejorar la homogeneidad del cultivo.

## **4.2. Discusión**

El análisis de las variables evaluadas en el presente estudio evidenció un desempeño productivo satisfactorio del cultivo de lechuga bajo las condiciones implementadas, aunque también se identificaron aspectos susceptibles de optimización para mejorar la homogeneidad y eficiencia del sistema.

Respecto a la altura de las plantas, la mayoría (69%) alcanzó los 36 cm, lo que sugiere que las condiciones de cultivo promovieron un crecimiento adecuado dentro de los parámetros esperados para la especie. Sin embargo, la presencia de un 26,25% de plantas que alcanzaron los 44 cm, y un 4,75% que lograron 55 cm, evidencia una variabilidad fisiológica importante. Este tipo de dispersión ha sido reportado por Pérez et al. (2017), quienes observaron variaciones similares en cultivos de lechuga hidropónica, atribuyéndolas a diferencias en el acceso a la luz, distribución de nutrientes y heterogeneidad genética. Así, si bien se logró un estándar de crecimiento aceptable, se hace evidente la necesidad de ajustes en la uniformidad del manejo agronómico para minimizar estas diferencias.

En cuanto al número de hojas, el 69% de las plantas presentó 12 hojas, mientras que un 26,25% y un 4,75% alcanzaron 13 y 15 hojas respectivamente. Este comportamiento confirma que el sistema de producción favoreció el desarrollo estructural de las plantas. Investigaciones como la de Thapa et al. (2021) reportan una media de 10 a 13 hojas por planta en condiciones controladas, lo que respalda nuestros resultados. No obstante, la variabilidad en este parámetro podría representar un reto en términos de estandarización para la comercialización, dado que el mercado requiere productos uniformes.

El análisis del peso por planta arrojó resultados positivos: el 71% de las plantas alcanzó pesos dentro del rango comercial ideal (250–300 g). Esto coincide con lo reportado

por Martínez et al. (2019), quienes establecen este rango como óptimo para la lechuga tipo romana en sistemas hidropónicos. El 24% de las plantas superó ligeramente este rango, mientras que un 7% presentó pesos significativamente mayores. La ausencia de plantas subdesarrolladas refuerza la eficacia del sistema implementado, aunque, como sugieren Gómez-Pando y Aguilar (2018), sería conveniente ajustar la densidad de siembra o la gestión de nutrientes para disminuir la dispersión y lograr una producción más uniforme.

En cuanto a la edad de cosecha, el 69% de las plantas alcanzó su madurez comercial a los 55 días, tiempo considerado adecuado según estudios como el de Ramírez et al. (2020), quienes establecieron un promedio de 50 a 60 días en condiciones tropicales. No obstante, el 31% restante fue cosechado de forma anticipada (entre los 44 y 49 días), lo que puede representar una ventaja en términos de eficiencia, pero también refleja una falta de homogeneidad que podría afectar la planificación de cosecha. Esta variabilidad podría estar relacionada con factores genéticos o climáticos dentro del sistema, lo que justifica la necesidad de investigaciones complementarias.

En resumen, los resultados obtenidos en las cuatro variables analizadas demuestran que el sistema de producción fue eficiente y adecuado para el cultivo de lechuga, alcanzando altos porcentajes de plantas dentro de los estándares comerciales en altura, número de hojas, peso y edad de cosecha. No obstante, la variabilidad observada en todos los parámetros sugiere la necesidad de continuar perfeccionando el manejo agronómico, priorizando estrategias que promuevan la uniformidad del cultivo para maximizar la calidad y competitividad del producto final.

**CAPITULO V**

**CONCLUSIONES Y**

**RECOMENDACIONES**

## 5.1. Conclusiones

Los resultados obtenidos en esta investigación reflejan un desempeño favorable del cultivo de lechuga bajo las condiciones del sistema de producción evaluado. El análisis detallado de variables clave como la altura, número de hojas, peso y edad de cosecha permitió identificar patrones de desarrollo consistentes y, a su vez, evidenciar cierta variabilidad fisiológica entre las plantas.

En primer lugar, la altura alcanzada por la mayoría de las plantas (69% con 36 cm) evidencia un crecimiento uniforme y adecuado, estableciendo este valor como un promedio representativo del cultivo. Sin embargo, la presencia de grupos con alturas superiores (44 cm y 55 cm) indica que existen factores internos o externos que favorecen un desarrollo más acelerado en ciertas plantas. Este fenómeno podría estar relacionado con variaciones en la distribución de nutrientes, iluminación, o incluso con características genéticas individuales, lo que abre una ventana de análisis para futuros estudios enfocados en la mejora genética o la optimización del entorno de cultivo.

En cuanto al desarrollo foliar, la mayoría de las plantas (69%) presentaron 12 hojas, lo que respalda la idea de un patrón predominante en el crecimiento vegetativo. Sin embargo, al igual que en la altura, se observará un subgrupo (4,75%) con una formación foliar significativamente superior (15 hojas), lo cual es indicativo de un potencial productivo mejorado en ciertas condiciones. Este hallazgo es relevante para proyecciones de rendimiento, ya que el número de hojas influye directamente en la superficie fotosintética y, por ende, en la capacidad de acumulación de biomasa.

Respecto al peso, se destaca que el 71% de las plantas se encuentran dentro del rango comercial estándar (250–300 g), consolidando un producto apto para el mercado en términos de presentación y calidad. Asimismo, la existencia de un 29% con pesos superiores, sin presencia de plantas subdesarrolladas, refleja un manejo eficiente del cultivo y un estado sanitario adecuado. No obstante, esta misma variabilidad en el peso sugiere la necesidad de afinar estrategias de uniformización, que podrían incluir el ajuste de densidades de siembra,

riego y fertilización, con el fin de maximizar la eficiencia productiva y la estandarización del producto final.

Finalmente, el análisis de la edad de cosecha reafirma la solidez del sistema productivo implementado, con un 69% de plantas alcanzando la madurez comercial a los 55 días, lo cual se alinea con los estándares agronómicos. Sin embargo, el 31% restante logró su desarrollo completo en un período menor, llegando incluso a los 44 días. Este comportamiento plantea un escenario interesante para explorar estrategias de producción acelerada, que permitirá acortar los ciclos sin comprometer la calidad, lo cual representaría una ventaja competitiva en términos de rotación de cultivos y productividad anual.

En conjunto, los resultados ponen de manifiesto un sistema de cultivo bien manejado, con una alta proporción de plantas dentro de los parámetros óptimos de crecimiento. La existencia de subgrupos con características superiores sugiere un margen para la mejora continua del sistema, ya sea mediante selección genética, ajuste de prácticas agronómicas o innovaciones tecnológicas. Además, la variabilidad observada, lejos de ser una debilidad, puede ser vista como una oportunidad para diversificar estrategias productivas y responder de manera más dinámica a las exigencias del mercado agrícola actual.

Según los resultados obtenidos en la presente investigación, se refuta la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alternativa ( $H_a$ ). Esto se concluye porque los datos muestran diferencias significativas en los índices productivos en comparación con los valores esperados para la variedad *Invicta RZ*. Por ejemplo:

Un 29% de las plantas superaron el peso comercial estándar, alcanzando hasta 337,4 gramos.

Un 31% de las plantas maduró antes del tiempo promedio (al día 44 o 49).

Se observaron variaciones destacables en altura y número de hojas, lo que indica un comportamiento productivo diferencial bajo el sistema NFT en condiciones amazónicas.

Estos resultados muestran que el cultivo no se comportó de manera uniforme ni exactamente como se esperaba según parámetros generales, sino que presentó rendimientos notablemente superiores en varios casos, lo que constituye evidencia para aceptar la hipótesis alternativa ( $H_a$ ).

## 5.2. Recomendaciones

Se sugiere que futuras investigaciones incluyan estudios más detallados sobre las condiciones ambientales (como la intensidad de luz, temperatura del suelo, humedad relativa, entre otros), así como el perfil nutricional del sustrato. Comprender cómo estos factores influyen en el crecimiento diferencial de las plantas podría ayudar a establecer estrategias de manejo más precisas y personalizadas para maximizar la uniformidad y rendimiento del cultivo.

Es recomendable explorar la variabilidad genética entre las plantas que mostraron un desarrollo superior (en altura, peso o precocidad de cosecha). Esto permitiría identificar líneas o variedades con mayor potencial productivo, las cuales podrían ser seleccionadas y reproducidas como parte de programas de mejoramiento. Esta línea de investigación es ideal para estudiantes interesados en genética vegetal o fitomejoramiento.

Para mejorar la precisión en la recolección de datos, se aconseja el uso de tecnologías emergentes como sensores ambientales etc. El uso de estas herramientas puede enriquecer la calidad de la información obtenida y facilitar la toma de decisiones. Además, su aplicación es una excelente oportunidad para que los estudiantes se familiaricen con técnicas modernas en agricultura de precisión.

Se alienta a los investigadores en formación a desarrollar ensayos comparativos entre diferentes sistemas de producción (por ejemplo, cultivo en suelo vs. hidroponía, uso de biofertilizantes vs. fertilizantes convencionales, densidades de siembra, etc.). Este tipo de estudios no solo fortalece las habilidades metodológicas de los estudiantes, sino que también genera información valiosa y aplicable para productores locales interesados en optimizar sus prácticas.





DRYGAIR. (2024). <https://drygair.com/es/blog-es/how-it-works-introduction-to-hydroponic-agriculture-series-part-1/>. Obtenido de <https://drygair.com/es/blog-es/how-it-works-introduction-to-hydroponic-agriculture-series-part-1/>

Gómez-Pando, L. R., & Aguilar, A. M. (2018). **Evaluación de variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en sistema hidropónico bajo condiciones de invernadero en Lima, Perú.** *Revista de Investigaciones Agropecuarias del Perú*, 22(1), 45-53.

Groho. (2024). <https://www.groho.es/post/problemas-en-tu-huerta-hidroponica>. Obtenido de <https://www.groho.es/post/problemas-en-tu-huerta-hidroponica>

JACTO. (2024). <https://bloglatam.jacto.com/cultivo-hidroponico/>. Obtenido de <https://bloglatam.jacto.com/cultivo-hidroponico/>

Lara-Izaguirre, A. Y. (2019). <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v42n1/0187-7380-rfm-42-01-21.pdf>. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v42n1/0187-7380-rfm-42-01-21.pdf>

lechuga, E. m. (2 de marzo de 2019). <https://blogagricultura.com/estadisticas-lechuga-produccion/>. Obtenido de <https://blogagricultura.com/estadisticas-lechuga-produccion/>: <https://blogagricultura.com/estadisticas-lechuga-produccion/>

Lechuga, t. y. (2024). *Lechuga, taxonomía, y descripciones botánicas*. Obtenido de <https://universidadagricola.com/lechuga-taxonomia-y-descripciones-botanicas/>

Ledesma., L. J. (2022). Obtenido de <http://190.15.129.146/bitstream/handle/49000/13205/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000241.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Lopez, J. F. (04 de 2010). <https://hidroponiablog.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/06/cartel.pdf>. Obtenido de <https://hidroponiablog.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/06/cartel.pdf>

Martínez, D., Reyes, L., & Camacho, V. (2019). **Evaluación del crecimiento y rendimiento de lechuga romana (*Lactuca sativa* L.) en sistema hidropónico NFT en clima cálido.** *Agronomía Colombiana*, 37(3), 321–328. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v37n3.78998>

Muñoz, D. (2017). <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54078244/HIDROPONIA-libre.pdf?1502111262=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DHIDROPONIA.pdf&Expires=1728410940&Signature=VLVWmPTVUfO4wIJa8XWyDREppZOAr1WXIw~9I0axiu3q24KLNeSIG-qRFUdf-s7uxpl81VD-4Yu-NlgiY>. Obtenido de <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54078244/HIDROPONIA-libre.pdf?1502111262=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DHIDROPONIA.pdf&Expires=1728410940&Signature=VLVWmPTVUfO4wIJa8XWyDREppZOAr1WXIw~9I0axiu3q24KLNeSIG-qRFUdf-s7uxpl81VD-4Yu-NlgiY>

NETAFIM. (2024). <https://www.netafim.pe/blog/3-factores-que-debes-tener-en-cuenta-para-tus-cultivos-en-hidroponia/>. Obtenido de <https://www.netafim.pe/blog/3-factores-que-debes-tener-en-cuenta-para-tus-cultivos-en-hidroponia/>

Opinion. (2013). <https://www.opinion.com.bo/articulo/tendencias/hidroponia-huerta-tierra/20130612203800665883.html>. Obtenido de <https://www.opinion.com.bo/articulo/tendencias/hidroponia-huerta-tierra/20130612203800665883.html>

Pando, S. p. (julio de 2015). [https://www.pub.eldiario.net/noticias/2015/2015\\_07/nt150716/agraria.php?n=116&se-promueve-la-produccion-de-lechuga-en-pando](https://www.pub.eldiario.net/noticias/2015/2015_07/nt150716/agraria.php?n=116&se-promueve-la-produccion-de-lechuga-en-pando). Obtenido de [https://www.pub.eldiario.net/noticias/2015/2015\\_07/nt150716/agraria.php?n=116&se-promueve-la-produccion-de-lechuga-en-pando](https://www.pub.eldiario.net/noticias/2015/2015_07/nt150716/agraria.php?n=116&se-promueve-la-produccion-de-lechuga-en-pando): [https://www.pub.eldiario.net/noticias/2015/2015\\_07/nt150716/agraria.php?n=116&se-promueve-la-produccion-de-lechuga-en-pando](https://www.pub.eldiario.net/noticias/2015/2015_07/nt150716/agraria.php?n=116&se-promueve-la-produccion-de-lechuga-en-pando)

Pérez, E., Morales, J., & Ríos, A. (2017). **Variabilidad morfológica y rendimiento en lechuga (*Lactuca sativa*) en sistemas hidropónicos.** *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(6), 1203–1212.

Publiagro. (2023). <https://publiagro.com.bo/2023/07/la-produccion-de-lechuga-y-otros-vegetales-en-sistemas-hidroponicos-avanza-en-santa-cruz/>. Obtenido de <https://publiagro.com.bo/2023/07/la-produccion-de-lechuga-y-otros-vegetales-en-sistemas-hidroponicos-avanza-en-santa-cruz/>

Ramírez, M., Torres, J., & Pineda, G. (2020). **Crecimiento y rendimiento de variedades de lechuga en hidroponía en clima tropical húmedo.** *Ciencia e Investigación Agraria*, 47(2), 133-141.

Romero, E. (17 de 04 de 2017). Obtenido de <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54078244/HIDROPONIA-libre.pdf?1502111262=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DHIDROPONIA.pdf&Expires=1726888836&Signature=OUNi7VGupBXSgSM27vpCAuTYU2l0wOqobCzckNDSY7cqesdWtdbrnmjgN6zHQnLSt~xrTPMvRhKO2zof>

Salazar, A. S. (2021). <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/110856/TesisREI%20ASS-NIPG.pdf?sequence=2>. Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/110856/TesisREI%20ASS-NIPG.pdf?sequence=2>

salud, C. s. (2024). Obtenido de <https://www.infobae.com/salud/2024/05/06/cuales-son-los-beneficios-de-la-lechuga-para-la-salud/>

Thapa, P., Regmi, R., & Poudel, D. (2021). **Performance of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Genotypes with Respect to Morphological, Yield and Quality Traits at Two Localities of Nepal.** *Nepalese Journal of Agricultural Sciences*, 20, 123-134.



# ANEXOS

## Memoria fotográfica



**Anexo Nro. 1:** Siembra  
**Fuente:** Elaboración propia



**Anexo Nro. 2:** Germinación  
**Fuente:** Elaboración propia



**Anexo Nro. 3:** Traslado a mesa de crecimiento  
**Fuente:** Elaboración propia



**Anexo Nro. 4:** Etapa de plántula  
**Fuente:** Elaboración propia



**Anexo Nro. 5:** preparación del sistema NFT  
**Fuente:** Elaboración propia



**Anexo Nro. 6:** Trasplante  
**Fuente:** Elaboración propia



**Anexo Nro. 7:** Ajuste de PH.  
**Fuente:** Elaboración propia



**Anexo Nro. 8:** Ajuste de C.E  
**Fuente:** Elaboración propia



**Anexo Nro. 9:** Seguimiento del crecimiento  
**Fuente:** Elaboración propia



**Anexo Nro. 10:** Conteo de hojas  
**Fuente:** Elaboración propia



**Anexo Nro. 11:** Medición de la altura  
**Fuente:** Elaboración propia



**Anexo Nro.12:** Inicio de la cosecha  
**Fuente:** Elaboración propia

## Planilla de registro de datos de trabajo

① U

Seguimiento del crecimiento de la Planta

Día	N. de Planta	Altura (cm)	Número de Hojas	Peso de la Planta ( g )	Medicion (PH)	Observaciones
44	1	52,1 cm	13	336,8 g		
	2	52,9 cm	15	336,6 g		
	3	53,3 cm	16	342,5 g		
	4	52,6 cm	13	334,7 g		
	5	55 cm	15	341,3 g		
	6	55,7 cm	14	339,6 g		
	7	56,1 cm	13	337,8 g		
	8	57,8 cm	14	343,8 g		
	9	57,6 cm	16	240,9 g		
	10	58,9 cm	13	337,1 g		
	11	56 cm	15	340,8 g		
	12	58,5 cm	16	341,1 g		
	13	54,8 cm	14	339,9 g		
	14	57,9 cm	10	337,9 g		
	15	51,3 cm	11	333,1 g		
	16	54,8 cm	17	342,1 g		
	17	52,9 cm	14	333,8 g		
	18	56,4 cm	13	332,7 g		
	19	53,5 cm	16	341,6 g		
	Promedio Total 55 cm.					
	1	43,7 cm	16	316,1 g		
	2	45,9 cm	15	315,4 g		
	3	44 cm	15	316,4 g		
	4	41,9 cm	14	317,9 g		
	5	46,2 cm	12	317,4 g		
	6	43,9 cm	10	314,2 g		
	7	43,8 cm	12	317,2 g		
	8	41,9 cm	9	307,1 g		
	9	46,9 cm	11	316,1 g		
	10	43,1 cm	5	305 g		
	11	46,1 cm	11	316,3 g		
	12	46,4 cm	7	306,7 g		
	13	46,4 cm	13	317,6 g		
	14	46 cm	16	320,9 g		
	15	46 cm	14	318,8 g		
	16	45,6 cm	13	317,4 g		
	17	46,8 cm	10	315,7 g		
	18	46,7 cm	13	317,1 g		
	19	45,7 cm	16	325,7 g		
	20	41,9 cm	12	326,6 g		
	21	46,9 cm	17	324,1 g		
	22	44,7 cm	14	314,6 g		
	23	45,3 cm	17	326,3 g		

(2)

Seguimiento del crecimiento de la Planta

Día	N. de Planta	Altura (cm)	Número de Hojas	Peso de la Planta (g)	Medición (PH)	Observaciones
24		45,5 cm	9	308,7g		
25		44,6 cm	5	277,8g		
26		45 cm	10	314,2g		
27		47,2 cm	13	317,9g		
28		42,8 cm	19	325,9g		
29		39,8 cm	17	325,1g		
30		47,5 cm	17	325,2g		
31		40,4 cm	13	317,9g		
32		44,1 cm	10	314,6g		
33		45,9 cm	16	318,9g		
34		48,5 cm	17	316,8g		
35		46 cm	9	309,7g		
36		43,5 cm	14	317,8g		
37		45,2 cm	15	316,8g		
38		49,4 cm	12	215,1g		
39		45 cm	17	325,8g		
40		46,7 cm	10	315,8g		
41		50,1 cm	10	316,7g		
42		49,2 cm	18	325,5g		
43		44,7 cm	9	277,6g		
44		47,3 cm	14	316,2g		
45		47,3 cm	9	309,6g		
46		45,5 cm	14	317,6g		
47		44 cm	11	316,6g		
48		46,9 cm	9	280,6g		
49		47,1 cm	11	301,6g		
50		46,6 cm	11	309,8g		
51		47 cm	19	320,1g		
52		45,9 cm	9	307,6g		
53		47,1 cm	9	306,6g		
54		45,4 cm	13	311,3g		
55		43,7 cm	13	308,6g		
56		45,2 cm	16	320,6g		
57		44,5 cm	16	320,6g		
58		46,9 cm	18	325,1g		
59		45,7 cm	9	290,4g		
60		43,1 cm	11	307,7g		
61		45,6 cm	11	307,8g		
62		41,2 cm	15	317,4g		
63		45,2 cm	7	307,8g		
64		47,5 cm	7	310,6g		
65		45,3 cm	10	309,1g		
66		41,6 cm	16	316,6g		



(4)

Seguimiento del crecimiento de la Planta

Día	N. de Planta	Altura (cm)	Número de Hojas	Peso de la Planta (g)	Medición (PH)	Observaciones
55	1	57.8 cm	12	787 g		
	2	55.1 cm	7	715 g		
	3	34.1 cm	12	787.5 g		
	4	53.2 cm	17	795.6 g		
	5	36.9 cm	10	784.1 g		
	6	35.3 cm	6	278 g		
	7	36.3 cm	10	785.6 g		
	8	35 cm	11	784.1 g		
	9	33.4 cm	15	784.6 g		
	10	53.6 cm	14	787.7 g		
	11	34.1 cm	11	784.3 g		
	17	35.4 cm	12	772.9 g		
	13	36.1 cm	4	771.4 g		
	14	34.7 cm	8	246.1 g		
	15	36.2 cm	13	790.7 g		
	16	36.6 cm	9	780.7 g		
	17	35.7 cm	8	779.6 g		
	18	55.5 cm	11	785.6 g		
	19	35.6 cm	11	785.9 g		
	20	35.9 cm	15	788.1 g		
	21	35.6 cm	12	778.9 g		
	22	31.7 cm	7	773.2 g		
	23	35.7 cm	13	783.6 g		
	24	39.7 cm	8	777.2 g		
	25	36.7 cm	17	795.9 g		
	26	35 cm	13	784.8 g		
	27	40.3 cm	13	788 g		
	28	36.9 cm	16	791.2 g		
	29	36.2 cm	13	788.1 g		
	30	34.4 cm	11	776.7 g		
	31	36 cm	15	790.4 g		
	32	33.1 cm	7	773.1 g		
	33	37.7 cm	8	775 g		
	34	32.9 cm	11	787.4 g		
	35	37.8 cm	10	784 g		
	36	40.5 cm	17	793.4 g		
	37	36.2 cm	14	790.6 g		
	38	35.9 cm	10	785.7 g		
	39	32.9 cm	18	793.6 g		
	40	36.4 cm	11	784.9 g		
	41	35.3 cm	17	787 g		
	42	38.6 cm	10	784.1 g		
	43	37.6 cm	16	795.9 g		

5

Seguimiento del crecimiento de la Planta

Día	N. de Planta	Altura (cm)	Número de Hojas	Peso de la Planta ( g )	Medicion (PII)	Observaciones
	41	37.2 cm	15	783.6g		
	45	36.6 cm	17	791.8g		
	46	38 cm	5	778.1g		
	47	35.5 cm	9	779.7g		
	48	35.2 cm	6	773g		
	49	34.5 cm	17	786.7g		
	50	36 cm	14	790.6g		
	51	34.8 cm	14	787.2g		
	52	38.6 cm	14	790g		
	53	35.6 cm	7	775.9g		
	54	39.5 cm	10	784.6g		
	55	36.6 cm	15	787.6g		
	56	37.4 cm	10	788.1g		
	57	36.2 cm	10	785.2g		
	58	35.9 cm	14	787.6g		
	59	38.1 cm	6	774.8g		
	60	37.3 cm	14	791g		
	61	35.1 cm	6	777.1g		
	62	36.7 cm	17	779.2g		
	63	37.5 cm	10	786.7g		
	64	37 cm	15	790.4g		
	65	35.9 cm	14	785.7g		
	66	31.2 cm	6	772g		
	67	37.7 cm	9	778.2g		
	68	35.4 cm	14	791.2g		
	69	36.9 cm	9	779.1g		
	70	35.4 cm	17	788.1g		
	71	36.7 cm	10	784.6g		
	72	39.5 cm	6	775.1g		
	73	35.8 cm	17	793.4g		
	74	35 cm	8	775.6g		
	75	37.6 cm	13	787.1g		
	76	39.9 cm	16	785.9g		
	77	34.5 cm	16	791.8g		
	79	41.4 cm	14	797.2g		
	80	37.9 cm	9	780.7g		
	81	37.5 cm	15	787.6g		
	82	35 cm	10	778.6g		
	83	30.8 cm	9	775g		
	84	36.7 cm	8	777.7g		
	84	37.7 cm	14	788.2g		
	85	35.8 cm	10	779.1g		
	86	38.9 cm	13	787.6g		

6

## Seguimiento del crecimiento de la Planta

Día	N. de Planta	Altura (cm)	Número de Hojas	Peso de la Planta (g)	Medición (PH)	Observaciones
	87	39.6 cm	12	277.8 g		
	88	38.7 cm	14	285.5 g		
	89	35.6 cm	12	277.8 g		
	90	32.5 cm	12	272.2 g		
	91	31.4 cm	12	271.7 g		
	92	36.1 cm	9	274.1 g		
	93	32.1 cm	14	270.1 g		
	94	32.4 cm	11	284.6 g		
	95	35.8 cm	10	285.1 g		
	96	32.6 cm	10	283.9 g		
	97	37.7 cm	16	292 g		
	98	36.3 cm	10	292.1 g		
	99	35.6 cm	14	292 g		
	100	35.9 cm	15	291.5 g		
	101	35.9 cm	10	272.1 g		
	102	33.6 cm	17	285.1 g		
	103	36.3 cm	11	287 g		
	104	33.9 cm	17	287 g		
	105	37.3 cm	9	288.1 g		
	106	34.5 cm	11	281.4 g		
	107	37.9 cm	8	289.1 g		
	108	35 cm	18	293.3 g		
	109	36.1 cm	13	288.6 g		
	110	34.1 cm	7	275.7 g		
	111	34.7 cm	10	281.6 g		
	112	37.6 cm	13	287.4 g		
	113	33.1 cm	9	279 g		
	114	37.5 cm	12	285.1 g		
	115	34.7 cm	9	278.1 g		
	116	36.3 cm	14	287.2 g		
	117	34.5 cm	14	287.1 g		
	118	37.2 cm	17	285.1 g		
	119	31.7 cm	11	282.1 g		
	120	35.6 cm	6	274.1 g		
	121	32.9 cm	8	278.2 g		
	122	32 cm	10	281.6 g		
	123	35.7 cm	7	274.1 g		
	124	35.9 cm	16	293.1 g		
	125	36.7 cm	16	296.8 g		
	126	34.2 cm	10	280.6 g		
	127	41.2 cm	18	297.1 g		
	128	39.7 cm	12	285 g		
	129	34.3 cm	13	288.1 g		

7

## Seguimiento del crecimiento de la Planta

Día	N. de Planta	Altura (cm)	Número de Hojas	Peso de la Planta ( g )	Medicion (PH)	Observaciones
	130	38.3 cm	9	280.7g		
	131	35.9 cm	17	287.8g		
	132	33.7 cm	11	284.8g		
	133	33.9 cm	11	286.1g		
	134	36.9 cm	10	285.1g		
	135	32.8 cm	13	288.1g		
	136	35.9 cm	6	285g		
	137	39.4 cm	17	289g		
	138	35.4 cm	10	285.1g		
	139	29.7 cm	15	183.8g		
	140	40.8 cm	10	286g		
	141	36.9 cm	7	282.7g		
	142	29.8 cm	14	290.1g		
	143	26 cm	14	291.1g		
	144	27.5 cm	7.5	297.1g		
	145	28 cm	17	287.6g		
	146	26 cm	8	277.6g		
	147	22.4 cm	11	281.8g		
	148	35.7 cm	11	280.5g		
	149	34.5 cm	15	282.4g		
	150	34.6 cm	11	281.4g		
	151	40.1 cm	17	297.4g		
	152	24.7 cm	9	271.1g		
	153	36.5 cm	6	277.1g		
	154	32.2 cm	16	290.1g		
	155	29.7 cm	15	290.3g		
	156	35.4 cm	12	286.4g		
	157	26.7 cm	13	287.4g		
	158	31.1 cm	11	279.4g		
	159	28.1 cm	17	277.9g		
	160	36 cm	8	287.1g		
	161	24.4 cm	11	286.4g		
	162	29.4 cm	17	283.1g		
	163	36.7 cm	11	286.9g		
	164	33.6 cm	11	276.5g		
	165	25.7 cm	14	287.6g		
	166	24.7 cm	15	290.4g		
	167	25 cm	14	299.7g		
	168	39.7 cm	13	287.6g		
	169	26.1 cm	13	288.1g		
	170	25.4 cm	15	290.7g		
	171	30.7 cm	10	282.7g		
	172	32.7 cm	10	283.1g		

## Seguimiento del crecimiento de la Planta

Día	N. de Planta	Altura (cm)	Número de Hojas	Peso de la Planta (g)	Medición (PH)	Observaciones
	173	32,9 cm	10	285,7g		
	174	32,7 cm	17	286,5g		
	175	32,9 cm	15	270,1g		
	176	32,1 cm	11	281,6g		
	177	32,7 cm	7	273,7g		
	178	32,8 cm	11	280,5g		
	179	32,4 cm	13	277,4g		
	180	32 cm	11	277,9g		
	181	32,8 cm	13	276,6g		
	182	32,5 cm	7	275,7g		
	183	32,8 cm	10	285,1g		
	184	32,7 cm	16	271,9g		
	185	32 cm	17	287,5g		
	186	32 cm	14	289,6g		
	187	32,4 cm	11	276,9g		
	188	32,6 cm	8	276,1g		
	189	32,9 cm	13	287,2g		
	190	32,4 cm	17	291,9g		
	191	32,6 cm	3	286,8g		
	192	31,9 cm	11	276,3g		
	193	32 cm	7	275,1g		
	194	32,1 cm	14	289,1g		
	195	32,6 cm	10	282,7g		
	196	32,9 cm	15	290,2g		
	197	32,7 cm	16	297,4g		
	198	32,4 cm	11	276,1g		
	199	32,1 cm	11	275,8g		
	200	32,6 cm	14	289,6g		
	201	32,9 cm	13	287,1g		
	202	32,9 cm	13	287,3g		
	203	32,6 cm	14	287,9g		
	204	32,1 cm	16	290,3g		
	205	32,7 cm	12	278,1g		
	206	32 cm	11	277,2g		
	207	32,6 cm	17	293,6g		
	208	32,2 cm	17	278,6g		
	209	32,9 cm	17	291,0g		
	210	32,7 cm	14	288,4g		
	211	32,1 cm	17	271,7g		
	217	32,7 cm	6	277,2g		
	213	32,2 cm	6	279,6g		
	214	32,7 cm	16	294,2g		
	215	32,7 cm	15	293,5g		

Seguimiento del crecimiento de la Planta

Día	N. de Planta	Altura (cm)	Número de Hojas	Peso de la Planta (g)	Medición (PII)	Observaciones
	216	34.1 cm	25	287.4 g		
	217	33 cm	16	283.9 g		
	218	34.4 cm	10	279.3 g		
	219	35.6 cm	15	277.6 g		
	220	36.1 cm	14	279.2 g		
	221	36.6 cm	12	278.5 g		
	222	35.8 cm	15	283.6 g		
	223	35.6 cm	9	278.5 g		
	224	35 cm	13	287.4 g		
	225	34.7 cm	8	277.4 g		
	226	36.9 cm	14	291.6 g		
	227	36.5 cm	7	273.9 g		
	228	36.6 cm	11	286.4 g		
	229	36.3 cm	11	286.9 g		
	230	36.6 cm	14	290.5 g		
	231	38.1 cm	16	292.1 g		
	232	38.6 cm	13	287.4 g		
	233	37 cm	14	289.9 g		
	234	37.4 cm	13	290.1 g		
	235	37.5 cm	9	278.1 g		
	236	38.2 cm	9	277.6 g		
	237	38 cm	16	294.1 g		
	238	38.1 cm	10	284.6 g		
	239	36.5 cm	17	286.2 g		
	240	35.7 cm	12	286.7 g		
	241	36.7 cm	12	287.7 g		
	242	34.6 cm	10	285.7 g		
	243	34.7 cm	10	285.1 g		
	244	34 cm	15	289.1 g		
	245	36.8 cm	16	291.8 g		
	246	35.1 cm	16	291.2 g		
	247	36 cm	14	288.4 g		
	248	36.6 cm	12	294 g		
	249	35.3 cm	8	277.6 g		
	250	34 cm	10	277.1 g		
	251	33.5 cm	9	280.1 g		
	252	34.7 cm	12	282.1 g		
	253	35.1 cm	17	295.2 g		
	254	34 cm	15	290.8 g		
	255	36.2 cm	17	294.4 g		
	256	34.7 cm	16	293 g		
	257	37.1 cm	11	287.4 g		
	258	38 cm	14	288.9 g		

