

# INTRODUCCIÓN

## Antecedentes

La hidroponía se desarrolló como un método alternativo de producción el cual frente al procedimiento convencional que implica mayor uso de recursos e incluso contaminación ambiental, este proceder busca la eficiencia en la obtención con miras a futuro ya que evita el deterioro del suelo y costos elevados.

Hidroponía, es un conjunto de técnicas que permite el cultivo de plantas en un medio libre de suelo. La hidroponía permite en estructuras simples o complejas producir plantas principalmente de tipo herbáceo aprovechando sitios o áreas como azoteas, suelos infértiles, terrenos escabrosos, invernaderos climatizados o no, etc. A partir de este concepto se desarrollaron técnicas que se apoyan en sustratos (medios que sostienen a la planta), o en sistemas con aportes de soluciones de nutrientes estáticos o circulantes, sin perder de vistas las necesidades de la planta como la temperatura, humedad, agua y nutrientes. (Beltrano, 2017)

El término hidroponía se deriva del griego hydro = agua y ponos = trabajo o actividad, es decir, ‘trabajo del agua’ o ‘actividad del agua’.

La importancia del cultivo hidropónico radica en que es muy flexible y lo podemos aplicar en diferentes lugares o condiciones como ser; producir en zonas áridas, ciudades donde los alimentos son caros o escasos, lugares donde el agua tiene un alto contenido de sales y también para investigaciones ecológicas.

Actualmente la hidroponía es el método más intensivo de producción hortícola; generalmente es de alta tecnología lo que implica altos costos de establecimiento. Se obtienen hortalizas de excelente calidad y sanidad con alto valor nutritivo y se asegura un uso más eficiente del agua y fertilizantes. Los rendimientos por unidad de área cultivada son altos, por la mayor densidad y la elevada productividad por planta.

La producción mundial de lechuga convencional en 2019 alcanzó los 30 millones de toneladas según los datos que ha elaborado el organismo de estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2019).

China es el mayor productor mundial de lechuga con 16 millones de toneladas. La extensión de terreno que China dedicó en 2019 a producir lechuga fue de 668.478 hectáreas, con un rendimiento por metro cuadrado de 2,44 kg.

El segundo productor mundial es EE. UU. Con 3.6 millones de toneladas de lechuga producidos en 2019, sobre una superficie de 105.100 hectáreas y un rendimiento de 3,51 kg por metro cuadrado.

India ocupa la tercera posición mundial por producción de lechuga, con un volumen de 1,2 millones de toneladas, una superficie de 199.778 hectáreas y un rendimiento de 0,63 kg de superficie m<sup>2</sup>.

El cuarto lugar está ocupado por España con 1 millón de toneladas, 35.360 hectáreas y un rendimiento de 2,86 kg/m<sup>2</sup>.

La quinta posición la ocupa Italia con 0,7 millones de toneladas de lechuga producidos, que se cultivaron sobre una superficie de 33.690 hectáreas que dieron un rendimiento medio de 2,25 kilos por metro cuadrado.

La Asamblea General de las Naciones Unidas declaró al año 2014 como año internacional de la agricultura familiar, de la cual, forma parte la producción de hortalizas como la lechuga (*Lactuca sativa* L.). En Bolivia, durante el año agrícola 2014/2015, la lechuga fue la hortaliza de hoja más cultivada con una producción de 18.980 toneladas (Montaño,2018).

La producción de lechuga, es realizada por pequeños productores en condiciones de campo, ambiente protegido y a pequeña escala en producción hidropónica.

**CAPÍTULO I**  
**MARCO TEÓRICO**

# CAPÍTULO I

## MARCO TEORICO

### 1. Origen

La lechuga es una hortaliza que se conoce desde hace mucho tiempo. Es originaria del continente asiático. Fue traída a América con la conquista española, en la actualidad se encuentra con un gran número de cultivos de diferentes cultivares adaptadas a diferentes climas (Enciclopedia Bolivia Agropecuaria, 2010).

La lechuga es un cultivo que la humanidad domesticó desde hace unos 2 500 años. Su centro de origen se encuentra en las regiones templadas de Europa, Asia y América del Norte. El cultivo de la lechuga comenzó con los egipcios, que producían aceite a partir de sus semillas y fue la representación de una planta sagrada del Dios de la reproducción. De los egipcios el cultivo pasó a los griegos, quienes a su vez lo dieron a conocer a los romanos. Hay registros de que, en el año 50 de nuestra era, el escritor romano de temas rurales y agrícolas Columela, escribió sobre diversas variedades de lechugas. Fue tal la importancia que los romanos le dieron a su cultivo que prevalece hasta nuestros días la llamada lechuga romana, de gran importancia, aunque no es el tipo más extendido (Zumpango, 2016).

La lechuga se cultivó por primera vez en el antiguo Egipto para producir aceite de sus semillas. Los egipcios probablemente la criaron de forma selectiva para convertirla en una planta cultivada por sus hojas comestibles, y las pruebas de su cultivo aparecen ya en el año 2680 a. C. (Zumpango, 2016).

Su cultivo se remonta a una antigüedad de 2 500 años y fue conocida por griegos y romanos. Las primeras lechugas de las que se tiene referencia son las de hojas suelta, aunque las acogolladas eran conocidas en Europa en el siglo XVI.

Después del proceso de domesticación se dispersó rápidamente por la hoya del Mediterráneo y posteriormente a Europa Occidental (Zumpango, 2016).

## 1.1 Descripción botánica

La lechuga es una planta anual y bianual, cuando se encuentra en su estado juvenil contiene en sus tejidos un jugo lechoso de látex. Las raíces principales de absorción se encuentran a una profundidad de 5 a 30 cm. La raíz principal llega a medir hasta 1.80 m por lo cual se explica su resistencia a la sequía, llega a tener hasta 80 cm de altura (Alvarado et al. 2001).

### 1.1.1 Taxonomía

**Cuadro 1.** Taxonomía

<i>Reino</i>	<i>Vegetal</i>
<i>Phylum</i>	Telemophytae
<i>División</i>	Tracheophytae
<i>Sub división</i>	Anthophyta
<i>Clase</i>	Angiospermae
<i>Sub clase</i>	Dicotyledoneae
<i>Grado evolutivo</i>	Metachlamydeae
<i>Grupo de ordenes</i>	Tetracíclicos
<i>Orden</i>	Campanulales
<i>Familia</i>	Compositae
<i>Nombre científico</i>	<i>Lactuca sativa L.</i>
<i>Variedad</i>	Isabela
<i>Nombre común</i>	Lechuga

Fuente: (herbario universitario (T.B.), 2022)

## 1.2 Características morfológicas

La lechuga es una planta anual y autógama, perteneciente a la familia *Compositae* y cuyo nombre botánico es *Lactuca sativa* L.

- **Raíz:** la raíz, que no llega nunca a sobrepasar los 25 cm. de profundidad, es pivotante, corta y con ramificaciones.
- **Hojas:** las hojas están colocadas en roseta, desplegadas al principio; en unos casos siguen así durante todo su desarrollo (variedades romanas), y en otros se acogollan más tarde. El borde de los limbos puede ser liso, ondulado o aserrado.
- **Tallo:** es cilíndrico y ramificado.
- **Inflorescencia:** son capítulos florales amarillos dispuestos en racimos o corimbos.
- **Semillas:** están provistas de un vilano plumoso.

## 1.3 Características agroecológicas de la lechuga

### 1.3.1 Temperatura

La temperatura ideal durante el día debe estar entre 25 a 28 °C, principalmente durante la noche de invierno es necesario evitar que la temperatura ascienda a menos 0 °C (Quispe, 2015).

La temperatura óptima de germinación oscila entre 18 y 20 °C, en fase de crecimiento el cultivo requiere temperaturas entre 14 y 18 °C por el día y 5 a 8 °C por la noche, pues exige que haya diferencia de temperaturas. Durante el acogollado se requieren temperaturas en torno a los 12 °C por el día y 3 a 5 °C por la noche. Como temperatura máxima puede soportar hasta los 30 °C y como mínima hasta -6 °C.

El desarrollo del cultivo se ve afectado por las altas temperaturas, principalmente cuando su valor supera los 30°C, dado que afecta la germinación y posterior crecimiento de la plántula. Durante la primera fase del crecimiento, la temperatura óptima se ubica entre 10°C y 15°C. Las plantas pequeñas, en general, no son dañadas por temperaturas bajas o heladas suaves, situación que cambia en plantas grandes próximas a cosecha. El crecimiento de las lechugas es vigoroso cuando las

temperaturas se mantienen entre 18 y 24°C durante el día. Temperaturas del orden de 6°C durante la noche no frenen su crecimiento (Siap, 2016).

### **1.3.2 Humedad relativa**

El sistema radicular de la lechuga es muy reducido en comparación con la parte aérea, por lo que es muy sensible a la falta de humedad y soporta mal un periodo de sequía, aunque éste sea muy breve. La humedad relativa conveniente para la lechuga es del 60 al 80%, aunque en determinados momentos agradece menos del 60%. Los problemas que presenta este cultivo en invernadero es que se incrementa la humedad ambiental, por lo que se recomienda su cultivo al aire libre, cuando las condiciones climatológicas lo permitan (Infoagro, 2022).

Durante el almacenamiento es deseable mantener el producto a una humedad relativa alta para minimizar la pérdida de agua. Para la mayoría de los productos hortícolas la humedad relativa durante el almacenamiento debería mantenerse en el rango de 90 a 95% (Infoagro, 2022).

### **1.3.3 Fotoperiodo**

La lechuga es una planta anual que bajo condiciones de fotoperiodo largo (más de 12 horas-luz) acompañado de altas temperaturas (más de 26°C) emite su tallo floral, siendo más sensibles las lechugas de tipo oreja que las de cabeza.

En cuanto a la intensidad, mencionan que en estas plantas exigen mucha luz, pues se ha comprobado que la escasez de ésta provoca que las hojas sean delgadas y que en múltiples ocasiones las cabezas se suelten. Se recomienda considerar este factor para una densidad de población adecuada y para evitar el sombreado de plantas entre sí.

El cultivo de la lechuga se puede efectuar durante todo el año, por lo tanto, es una planta indiferente respecto a las horas luz existente en las diferentes estaciones del año (Faxsa, 2022).

## 1.4 Variedades

### 1.4.1 Tipos de lechuga

Dentro de la especie *Lactuca sativa* L. se diferencian cinco variedades botánicas:

*L. sativa* L. var. *longifolia* (Lam.) Janchen

Lechugas que se aprovechan por sus hojas y no forman verdaderos cogollos. Son las correspondientes a las lechugas llamadas Romanas o Cos, que deben su nombre a la isla de Kos en el Mediterráneo oriental cerca de Turquía, conocidas en Chile específicamente como Costinas o Conconinas. La planta desarrolla hojas grandes, erguidas, oblongas y obovadas, de 20 a 30 cm de largo y 6 a 10 cm de ancho, con nervadura prominente, superficie ligeramente ondulada y borde irregularmente denticulado (Figura 1). El tallo se presenta de mayor longitud que en otras variedades y permanece protegido por el conjunto de hojas, las que forman una cabeza cónica o cilíndrica por su disposición erecta, pudiendo alcanzar un gran peso, de hasta 2 kg.



Figura 1. Lechuga Costina o Conconina

### 1.4.2 *Lactuca sativa* L. var. *capitata* (L.) Janchen

Variedades que forman un cogollo apretado, la forma de sus hojas suele ser ancha y corresponden a las lechugas conocidas como de amarra, mantecosas o españolas. Presentan hojas lisas, relativamente delgadas, orbiculares, anchas, sinuosas y de textura suave o mantecosa; las hojas más internas forman un cogollo amarillento al envolver

las más nuevas. En general, se distinguen dos subtipos: las de verano, para cultivo al aire libre, llegan bien a la madurez y son más grandes; y las de invierno, que pueden ser cultivadas al aire libre o en invernadero, más pequeñas de tamaño y con menos llenado. Estas variedades tienen menor tamaño y son más precoces, con ciclos de entre 55 a 70 días, por lo que son los más usados para la producción en invernadero. La mayoría de Manual de producción de lechuga las variedades tradicionales cultivadas en el país pertenecen a esta variedad botánica, como las llamadas Milanese, Francesa, Reina de Mayo y Española.



Figura 2. Lechuga española o Gallega

#### **1.4.3 *Lactuca sativa* L. var. *crispa* L.**

Este tipo corresponde a las lechugas que forman cabeza, como las Great Lakes o Batavias, mal llamadas escarolas en Chile. En este grupo se distinguen dos subtipos: las llamadas Iceberg, que forman una cabeza compacta (Figura 1.2), y las Batavia, que forman una cabeza menos densa, son más pequeñas y de formas irregulares. En ambos casos, en su desarrollo la planta pasa desde un estado de roseta hasta que las primeras hojas se alargan, pero cada incremento en número de hojas aumenta el grosor de la planta hasta que se convierte en más ancha que larga cuando madura. Cuando alcanza 10 a 12 hojas, estas se ponen curvadas envolviendo las hojas interiores, lo cual lleva a formar una cabeza esférica (Infografías, 2022)



Figura 3. Lechuga tipo Iceberg

Las hojas continúan creciendo dentro de este envoltorio, llenándolo hasta que la madurez comercial es alcanzada. Si la lechuga madura no es cosechada a tiempo entra en estado reproductivo, emitiendo el tallo floral. Las lechugas de este tipo son de mayor tamaño, pudiendo llegar a pesar más de 1 kg en el caso de tipo Iceberg compacta, y tienen un período de siembra a cosecha largo (más de 100 días). Existe una amplia disponibilidad de cultivares y subtipos reconocidos, como el grupo Great Lakes con hojas más crespas, las menos crespas que corresponden al grupo Salinas – Vanguard (Infografías, 2022).



Figura 4. Lechuga tipo Batavia.

#### **1.4.4 *Lactuca sativa* L. var. *acephala* Dill.**

Esta subespecie de lechuga se caracteriza por tener las hojas sueltas y dispersas, corresponden a las llamadas Lollo Rosa, Lollo Bionda, Hoja de Roble, etc. Son las lechugas de corte o de hojas sueltas (loose leaf), ya que, como su nombre lo indica, este tipo no forma cogollo, sino que sus hojas son sueltas, no envolventes. Aunque se comercializan enteras, su principal virtud se aprecia en las huertas caseras, ya que sus hojas se pueden ir cosechando individualmente. Son muy populares para cultivo hidropónico, aunque también se cultivan en suelo. Estas plantas forman una roseta muy plana, las hojas pueden variar en contenido de antocianos, dando muy interesantes colores o combinaciones de colores, además los bordes de las hojas son muy variados en formas.



Figura 5. Lechugas Lollo Bionda y Lollo Rossa

#### **1.4.5 *Lactuca sativa* L. var. *augustuana* All.**

Son las lechugas espárrago o de tallo cultivadas solamente en China. En este tipo se utiliza principalmente el tallo carnoso y también las hojas, que pueden presentar color verde o rojizo. Presenta un hábito más alto que las otras variedades como resultado del desarrollo de entrenudos más largos en su tallo, con las hojas dispuestas

libremente, sin formar cogollo o grumo. Sus hojas son angostas (4 a 6 cm), lanceoladas y largas. Este tipo no es utilizado en Chile (Infografías, 2022).



Figura 6. Lechuga espárrago

#### **1.4.6 Lactuca sativa L var isabela**

Variedad tipo crespa capaz de lograr grandes tamaños en menor tiempo. Se destaca por su gran volumen de planta y atractivo formato. Alta resistencia a floración precoz.



Figura 7. Lechuga Isabela

## **1.5 Labores culturales**

Una vez sembradas las semillas empiezan la etapa de germinación y crecimiento de las plantas durante la cual hay que hacer las labores culturales de raleo, trasplante, deshierbe y riego (Hartman,1990).

### **1.5.1 Almacigo**

La lechuga es una hortaliza típica de trasplante, aunque también puede sembrarse en forma directa. Tradicionalmente la siembra se hace en semilleros, en épocas frías en las que son protegidos. Como el tamaño de la semilla es muy pequeño suele cubrirse con una capa delgada de suelo (Japon, 2006).

### **1.5.2 Trasplante**

El trasplante es el traslado de las plántulas germinadas de una almaciguera al lugar definitivo de crecimiento, ya sea en un ambiente atemperado o en un huerto a la intemperie, el proceso de trasplante es muy delicado ya que de él depende el crecimiento de las plantas hasta la cosecha (Alvarado et al. 2001).

El trasplante se efectúa rápidamente después de la germinación, en cuanto se desarrollan algunas hojas o agujas. Se recomienda que es preferible realizarlo prematuramente, pues así se garantiza una buena recuperación y se elimina la posibilidad de la detención pasajera del crecimiento (crisis del trasplante); también ayuda a colocar verticalmente a la joven raíz en la tierra sin encorvarla y sin que se dañen las raicillas (Alvarado et al. 2001).

### **1.5.3 Rendimiento**

Son muchos los factores que influye sobre el rendimiento entre ellos el tipo de suelo, la variedad, época de siembra, densidad de plantación y los campos de producción, pueden conseguirse aproximadamente de 30-60 t/ha en el rendimiento. El rendimiento es el producto final de la interacción de varios factores que engloba a una serie de aspectos; como la calidad de semilla, suelo, temperatura, humedad y viento (Mamani, 2006).

#### **1.5.4 Densidad de plantación**

El distanciamiento óptimo para aprovechar al máximo el espacio en una producción intensiva de lechuga se halla en el orden de 30 cm entre surcos y 20 cm entre plantas. En siembras comerciales de lechuga se puede obtener poblaciones de hasta 66,000.00 plantas/hectárea, utilizando surcos de 0.90 a 1.0 metros y de 0.30 a 0.35 metros entre plantas y 0.25 metros entre hileras (Mendoza, 2011).

Dependiendo de la variedad y del sistema de cultivo, se utiliza una densidad entre 60.000 y 90.000 plantas/ha. Se puede usar camellones con distancias variables o mesas de ancho aproximado a 1,2 m, con una distancia de plantación de 30x30 cm 6 35x35 cm, sobre y entre hileras respectivamente, pudiendo distribuirse las plantas en doble o triple hilera, en hileras pareadas o en tresbolillo, lo cual también dependerá del sistema de riego a utilizar (Mendoza, 2011).

#### **1.6 Requerimiento nutricional de la lechuga**

Las plantas necesitan 16 elementos en diferentes cantidades para obtener una producción adecuada. Estos nutrimentos están clasificados de acuerdo a las cantidades necesarias. Tan sólo tres de estos 16 (carbono, oxígeno e hidrógeno) acumulan el 95% del total requerido y afortunadamente son suministrados a través del aire y el agua. El restante deberá ser suplementados a través del suelo y la fertilización sintética. Sin embargo, solamente el nitrógeno, fósforo y potasio se requieren en altas cantidades, el resto normalmente el suelo posee suficientes cantidades o son suministradas en bajas cantidades a través de aplicaciones foliares (zinc, boro, calcio, magnesio, manganeso, fierro y azufre) o vienen mezclados con los fertilizantes que contienen macro nutrimentos (calcio y azufre) se presentan 8 los nutrimentos necesarios, sus características y deficiencias de los elementos, respectivamente (Gilsanz, 2007).

El rango de la suficiencia (RS) es uno de los métodos para establecer el estado nutricional de las plantas. La composición mineral de los distintos tejidos vegetales expresada como concentración, constituye el método más universalmente utilizado para diagnosticar el estado nutritivo de los cultivos, habiéndose recopilado en diversos tratados bibliográficos, si bien para correcta interpretación es necesario disponer de

valores de referencia. El RS aplicado a la interpretación de los niveles deficiente, suficiente o excesivo, está sometido a gran número de interacciones entre nutrientes y edad de la planta (Gilsanz, 2007).

**Cuadro 2.** Rangos de deficiencia, suficiencia y toxicidad de nutrientes en hoja de lechuga

<i>Elementos</i>		<i>Rango</i>	
<i>Macronutrientes (%)</i>	<b>Deficiente</b>	<b>Rango medio</b>	<b>Tóxico</b>
<i>Nitrógeno – N</i>	-	2.10 – 5.60	
<i>Fósforo – P</i>	<0.58	0.40 – 0.93	
<i>Potasio – K</i>	<3.91	3.91 – 9.77	
<i>Calcio – Ca</i>	<0.80	0.88 – 2.00	
<i>Magnesio – Mg</i>	<0.29	0.36 – 0.90	
<i>Azufre – S</i>	<0.20	0.19 – 0.41	
<i>Micronutrientes (ppm)</i>			
<i>Hierro – Fe</i>	-	56 – 58	
<i>Manganeso – Mn</i>	<22	30 – 198	>197
<i>Boro – Bo</i>	<22	22 – 65	>75
<i>Cobre – Cu</i>	<2.5	5 – 17	
<i>Zinc – Zn</i>	<26	33 – 196	>392
<i>Molibdeno – Mo</i>	<0.2	0.2 – 0.38	

Fuente: Roorda van Eysinga y Smilde (1981)

### 1.7 Composición del valor nutritivo de la Lechuga

La lechuga es un alimento que aporta muy pocas calorías por su alto contenido en agua y su escasa cantidad de hidratos de carbono, proteínas y grasas. En cuanto a su contenido en vitaminas, podemos mencionar con aportes poco significativos la presencia de vitamina C, folatos y provitamina A (b-carotenos). La tiamina y vitamina E se encuentran en menores proporciones. El aporte de minerales tampoco resulta especialmente significativo, aunque sí posee pequeñas cantidades de fósforo, potasio, hierro y calcio (EFSA, 2010).

El valor nutritivo del cultivo de la lechuga está compuesto en mayor proporción por agua, además de otros compuestos tal como lo demuestra el siguiente cuadro.

**Cuadro 3.** Composición química de 100 gr. de porción comestible

<i>Descripción</i>	<i>Valor</i>
<i>Agua %</i>	95,00
<i>Calorías%</i>	12,00
<i>Proteínas(gr)</i>	1,00
<i>Grasas (gr)</i>	0,20
<i>Hidratos de carbono (g)</i>	3,00

Fuente: Elaboración propia en base a (Vigliola 1992)

## 1.8 Plagas y enfermedades

### 1.8.1 Plagas

- Gusano gris (*Agrotis sp.*)

El gusano gris afecta a gran variedad de plantas, entre las que se incluyen la patata, la remolacha, el espárrago, las crucíferas, le suele atraer las zonas frescas y húmedas como las que le proporciona el cultivo de la lechuga. Por la noche se alimentan de las hojas y por el día se esconden bajo el suelo (Agromatica, 2022).

- Minadores (*Liriomyza trifolii*)

En el interior de la hoja de la lechuga la larva excava galerías mientras se alimenta del tejido parenquimático. Esta plaga tiene especial atención al inicio de la plantación, retrasando el inicio de la maduración o llegando a rechazar el producto comercial (Agromatica, 2022).

- Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*)

La mosca blanca es muy polífaga y ataca a gran variedad de cultivos. El daño se produce cuando se alimenta de la savia de la planta, provocando amarillamiento de estas y su posterior debilitamiento. Al mismo tiempo producen melaza y atraen la infección por el hongo «negrilla» (Agromatica, 2022).

- Trips (*Frankliniella occidentalis*)

El trips es un insecto que está presente en una gran cantidad de cultivos y una de la que más problemas está causando (Agromatica, 2022).

### 1.8.2 Enfermedades

- Alternaria (*Alternaria dauci – Stemphyllium spp.*)

A la hora de reconocer esta enfermedad causada por un hongo hay que detectar pequeñas manchas oscuras sobre las hojas de la lechuga. Suele desarrollarse en condiciones altas de humedad, por lo que a veces se suele actuar de forma preventiva cuando hay temporadas de lluvia. (Agromatica, 2022).

- Antracnosis (*Microdochium panattoniana*)

Suele aparecer sobre las hojas más viejas antes que el resto de hojas, con especial predominancia por el nervio central, peciolo y limbo.

Sobre dichas hojas aparecen manchas pequeñas, hundidas, de color amarillento y con un margen rojizo o necrótico. Con el tiempo, dicho anillo rojizo se extiende hacia el interior, necrosando toda la mancha.

- Oídio (*Erysiphe cichoracerum*)

El oídio es una enfermedad fúngica muy conocida y extendida por casi todos los cultivos. Suele desarrollarse tanto en el haz como en el envés de la hoja, cubriéndose las hojas externas de un micelio blanquecino de aspecto pulverulento.

- Podredumbre gris (*Botrytis cinerea*)

Este hongo puede aparecer en cualquier fase vegetativa del cultivo de la lechuga. Normalmente suele ir vinculado con el exceso de humedad, por lo que el control del riego es muy importante. La aireación también supone una buena técnica para evitar la propagación de esta enfermedad.

- Septoria (*Septoria lactucae*)

Septoria produce manchas sobre la parte inferior de las hojas. Para que este hongo haga su aparición el cultivo debe estar en zonas de mucha humedad o época de lluvias.

- Esclerotinia (*Sclerotinia sclerotiorum*)

Esta enfermedad provoca la aparición de podredumbres blanquecinas de aspecto blando sobre las hojas de la lechuga. La infección se inicia en la parte basal de la planta

y se va extendiendo con el tiempo. Este hongo puede permanecer en el suelo hasta 5 años por lo que se recomiendan técnicas de saneado como la solarización (Agromatica, 2022).

Menciona que la mejor forma de controlar las plagas y enfermedades es preparando un suelo con buena proporción de nutrientes, humedad y aire para que las plantas se desarrollen fuertes y sanas de modo que no hay susceptibilidad a ataques. Otra es mantener mediante deshierbes continuos y controlados, también evitar lugares sombreados y húmedos que proporcionen el crecimiento de los hongos. El cual disminuye la productividad si no se controla a debido tiempo (Agromatica, 2022).

## **1.9 Hidroponía**

La hidroponía deriva de las palabras griegas Hydro (agua) y Ponos (labor o trabajo) y significa literalmente "trabajo en agua". Es la ciencia que estudia los cultivos sin tierra (Castorena, 2021).

La Hidroponía es el arte de cultivar plantas sin usar suelo agrícola, donde éste es reemplazado por un sustrato inerte, los nutrientes que necesita la planta son proporcionados conjuntamente con el riego. En un sistema hidropónico se puede cultivar todo tipo de plantas como hortalizas, flores, algunas gramíneas para forraje, plantas ornamentales, hierbas de olor y hasta plantas medicinales (Castorena, 2021).

La hidroponía se define como «el cultivo de plantas en agua.» Sin embargo, la hidroponía es una técnica para cultivar plantas sin usar tierra. Al utilizar esta tecnología, las raíces absorben una solución balanceada de nutrientes disuelta en agua que cumple con todos los requisitos necesarios para el desarrollo de las plantas (Castorena, 2021).

### **1.9.1 Cultivos Hidropónicos**

Los cultivos hidropónicos son cultivos sin suelo, sin tierra. Los nutrientes minerales se proporcionan en un sustrato estéril o directamente en solución nutritiva. Su mayor ventaja es que el control fitosanitario es más sencillo. La inmensa mayoría de los

microorganismos que contienen las plantas provienen del suelo, ya sean microbios beneficiosos o patógenos, por tanto, con este sistema las enfermedades y plagas provenientes del suelo no son relevantes. Hay una mayor eficiencia en el uso de los nutrientes y, sobre todo, del agua. Podría usarse para la expansión de la agricultura a lugares inhóspitos para la vida vegetal, incluyendo estaciones espaciales y otros planetas (Castorena. 2021).

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. (Castorena. 2021).

## **1.9.2 Ventajas y desventajas**

### **1.9.2.1 Ventajas de la Hidroponía**

- No depende de fenómenos meteorológicos.
- Permite cultivar la misma especie ciclo tras ciclo.
- Rinde varias cosechas al año.
- Presenta buen drenaje.
- Mantiene el equilibrio entre aire, agua y nutrimentos.
- Mantiene la humedad uniforme y controlada.
- Ahorra en el consumo de agua.
- Facilita el control de pH.
- Permite corregir deficiencias y excesos de fertilizante.
- Admite mayor densidad de población.
- Logra productos de mayor calidad. • Rinde más por unidad de superficie.
- Acorta el tiempo para la cosecha.
- Reduce los costos de producción.
- Facilita la limpieza e higiene de las instalaciones.
- Utiliza materiales nativos y de desecho.

- Reduce la contaminación del ambiente y los riesgos de erosión.
- Elimina el gasto de maquinaria agrícola.
- Recupera la inversión con rapidez (Hidroponía, 2018).
- 

### **1.9.2.2 Desventajas de la hidroponía**

- Inversión inicial alta
- Cuidado indispensable de la planta
- No es apta para todas las especies
- Las plantas son susceptibles a los cambios
- Pocas personas expertas en el tema (Sesion, 2022).

### **1.10 Solución nutritiva**

Es la mezcla de diversos fertilizantes que al solubilizarse en agua hacen que los elementos químicos que los forman se ionicen y puedan fácilmente ser absorbidos por las raíces de las plantas.

Las soluciones nutritivas concentradas contienen todos los elementos que las plantas necesitan para su correcto desarrollo y adecuada producción de raíces, bulbos, tallos, hojas, flores, frutos o semillas (Steiner, 1968).

Las soluciones nutritivas son una mezcla de agua y fertilizantes, las cuales llega directamente al cultivo mediante el sistema de riego. Los principales nutrimentos que se aportan a dichas soluciones son los llamados macro nutrimentos: nitrógeno ( $\text{NO}_3^-$ ), fósforo ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), azufre ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), y los demás en forma iónica; potasio ( $\text{K}^+$ ), calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ ). Asimismo, los nutrimentos requeridos en cantidades pequeñas y llamados micro nutrimentos son: boro (B) y molibdeno (Mo), cobre (Cu), hierro (Fe) y manganeso (Mn) (Steiner, 1968).

Una solución nutritiva (SN) se compone de agua con oxígeno y de todos los nutrimentos esenciales en forma iónica y, eventualmente, de algunos compuestos orgánicos tales como los quelatos de fierro y de algún otro micronutriente que puede estar presente (Steiner, 1968).

**Cuadro 4.** Concentraciones (ppm)

<b>ELEMENTO</b>	<b>Hoagland y Arnon (1938) estándar</b>	<b>La Molina (2015) lechuga</b>	<b>FAO (190)</b>
<b>N</b>	210	189.4	187
<b>P</b>	31	93.6	37.5
<b>K</b>	234	253	400
<b>CA</b>	160	204	225
<b>S</b>	64	45.5	-
<b>MG</b>	34	56	45
<b>FE</b>	2.5	1.2	3.6
<b>MN</b>	0.5	0.875	0.75
<b>B</b>	0.5	0.54	0.04
<b>ZN</b>	0.05	0.207	0.1
<b>CU</b>	0.02	0.15	0.1
<b>MO</b>	0.01	0.108	0.05

Fuente: Elaboración propia

### **1.10.1 Calidad del agua y de la solución nutritiva**

El análisis químico del agua es pieza fundamental para la formulación de soluciones nutritivas. Preparar soluciones sin un estudio previo de las características del agua es demasiado riesgoso, donde los problemas pueden llegar al punto de perder el 100 % de la producción por algún detalle del agua que pudo manejarse o corregirse previamente. El análisis químico del agua permite identificar diferentes aspectos como la concentración de nutrientes, presencia de iones específicos tóxicos, dureza, pH y CE del agua, entre otros. Estos factores permiten ajustar las soluciones nutritivas según sea necesario, por ejemplo, en muchas regiones el agua utilizada contiene niveles elevados

de calcio y magnesio, donde el aporte de estos elementos en la solución nutritiva es más que suficiente con el agua, permitiendo un ahorro importante en fertilizantes. (Fertilab,2018).

La solución nutritiva es el medio acuoso en el cual se encuentran disueltos los nutrientes esenciales para el adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas, y es la vía principal de nutrición de cultivos en hidroponía y sustratos. Una solución nutritiva completa debe tener: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, molibdeno, manganeso, boro, zinc, cobre y níquel. En la solución nutritiva estos elementos están en forma de iones para que las plantas puedan tomarlos, ya que no puede absorberlos en su forma elemental (Fertilab, 2018).

En hidroponía, las necesidades nutrimentales que tienen las plantas son satisfechas con los nutrimentos que se suministran en la SN. La cantidad de nutrimentos que requieren las plantas depende de la especie, la variedad, la etapa fenológica y las condiciones ambientales (Fertilab, 2018).

### **1.10.2 Conductibilidad Eléctrica (CE)**

La conductividad es un parámetro que mide el total de sales disueltas en el agua y evalúa la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica, se expresa en mS/cm. El rango de conductividad eléctrica adecuado para el crecimiento de las plantas se encuentra entres: 1,5-2,5 mS/cm. El exceso de salinidad interfiere con la absorción de agua, nutrientes y causa toxicidad (Fertilab, 2018).

La Conductividad eléctrica (CE) de una solución está relacionada con la presencia de sales, cuya disociación genera iones positivos (cationes) y negativos (aniones) capaces de transportar la **corriente eléctrica** a través de ella. La CE de una solución nutritiva puede medirse fácilmente usando un dispositivo llamado **medidor de conductividad**. La unidad de medición más comúnmente utilizada en hidroponía es el milisiemens **por centímetro (mS/cm)**. Una solución hidropónica típica suele prepararse con valores de CE comprendidos entre **1 y 3 mS/cm** (Fertilab, 2018).

La conductividad eléctrica del agua también depende de la temperatura del agua: a más alta temperatura, más alta sería la conductividad eléctrica, la conductividad eléctrica

del agua aumenta en un 2 - 3% para un aumento de 1 grado Celsius de la temperatura del agua, muchos medidores de conductividad eléctrica que existen en el mercado normalizan automáticamente las lecturas a 25 °C. (Fertilab, 2018).

### **1.10.3 PH de la solución**

El pH en hidroponía es muy importante que se encuentre en un rango de 5,5 a 6,5 para que permita la asimilación y disponibilidad de los nutrientes a las plantas, de lo contrario se acumularían sales insolubles, la planta no lo podrían aprovechar los nutrientes, o intoxicarían produciendo así una planta enferma o muerte.

Para conocer la calidad del agua empleada en el riego de los cultivos, es fundamental saber cuál es su pH. El pH del agua nos indica su nivel de acidez o alcalinidad. Se trata por tanto de un indicador esencial, que nos permite determinar la idoneidad o no del agua empleada durante el riego. (Fertilab, 2022).

Para medir el pH del agua se utiliza una escala del 0 al 14, en la que 7.0 es considerada como la medida neutra. Así, aquellas mediciones por encima de 7.0 y hasta llegar a 14.0; nos indican que nos encontramos con soluciones bases o alcalinas. Sin embargo, son consideradas como ácidas cuando presentan un pH inferior a 7 (Fertilab, 2022).

### **1.10.4 Oxigenación a la solución nutritiva**

La oxigenación es necesaria para facilitar el intercambio gaseoso, promoviendo el desarrollo de raíces y crecimiento de las plantas, ya que la falta de oxígeno en el agua afecta la absorción de nutrientes, reduce la permeabilidad de las raíces, limita la absorción de agua y por ende disminuye el rendimiento. Sin embargo, en el sistema NFT, no necesita oxigenación, debido a que durante el recorrido por los tubos y al caer en un contenedor nuevamente la solución hace que la oxigenación aumente (Cajo, 2016).

### **1.10.5 Temperatura de la solución nutritiva**

La temperatura de la SN influye en la absorción de agua y nutrimentos. La temperatura óptima para la mayoría de las plantas es de aproximadamente 22 °C; en la medida que

la temperatura disminuye, la absorción y asimilación de los nutrimentos también lo hace (Cajo, 2016).

El control de la temperatura de la SN tiene poca importancia en los lugares de clima templado. En las zonas o temporadas frías, es conveniente tener un sistema de calefacción para evitar temperaturas menores a 15 °C. La SN también debe protegerse con la radiación directa de los rayos solares para evitar su calentamiento, y alteración química y microbiológica (Cajo, 2016).

La temperatura de la solución es un punto crítico. Si la solución es muy fría, la tasa metabólica de la raíz baja y la absorción de nutrientes también. Esto tiene un efecto de retardo en el crecimiento de la planta por debajo de lo deseado. También existen problemas cuando la temperatura es muy alta y esto afecta la absorción mineral. El mejor rango de temperatura está entre 18 y 25 °C para la mayoría de los cultivos (Cajo, 2016).

### **1.10.6 Ventilación**

Las variables de la temperatura y de la humedad relativa son afectadas directamente por el movimiento y la renovación de masas de aire; en efecto con aumento en la ventilación bajará la temperatura y generalmente también la humedad relativa a no ser que el aire exterior este sumamente húmedo (Quispe, 2015).

## **1.11 Métodos de cultivo hidropónico**

### **1.11.1 Técnicas Aéreas**

La principal característica que tiene este método es que mantiene las raíces de las plantas libres de cualquier otro medio quedando en contacto con el aire y dentro de un medio oscuro. Se les aplica una solución nutritiva mediante nebulizadores.

La aeropónica es una técnica en la que las raíces se encuentran suspendidas en el aire, dentro de un medio oscuro, y se nebulizan con solución nutritiva cada pocos minutos. Aunque es una técnica altamente eficiente, las raíces pueden secarse rápidamente los ciclos de nebulización se interrumpen.

### **1.11.2 Técnica de película nutritiva (NFT)**

El principio fundamental de la técnica de NFT consiste en la recirculación de la solución nutritiva a través de varios canales de tubos de PVC, ductos ABS o similares que llegan a un contenedor y que con la ayuda de una bomba la solución nutritiva regresa nuevamente. La recirculación suministrará los nutrientes necesarios a las plantas por medio de las raíces que cuelgan desde las canastillas del contenedor para que la planta se desarrolle y crezca adecuadamente. El sistema NFT ha sido utilizado en forma comercial en más de 68 países y es la más utilizada en países árabes, del Caribe y América latina para la producción hortalizas hidropónicas. Garzón (2006)

Esta técnica de la película nutritiva "NFT" (Nutrient film technique), se basa en la recirculación continua o periódica de una proporción adecuada de solución nutritiva que pasa a través de las raíces del cultivo por medio de conductos o tubos cerrados que deben de contar con una pendiente para posibilitar la recirculación de la sustancia nutritiva (Arequipa, 2017).

El sistema NFT, fue desarrollado a fines de 1960 por el Dr. Allen Cooper en Inglaterra, este sistema se usa comúnmente con tubos de PVC, que son de fácil manipulación e instalación, es por estos tubos que recircula la solución nutritiva. El tamaño del diámetro de los tubos varía según la densidad de plantas y el tamaño de sus raíces, es recomendable no exceder los 15 metros de longitud de los tubos, de esta forma las raíces no obstruyan el paso de la solución, la inclinación del tubo debe estar entre el 1% y 5% de la longitud del mismo (Arequipa, 2017).

### **1.11.3 Técnicas de sustratos**

Esta técnica es la que más similitudes tiene con el método tradicional. Es el método más recomendado a quienes se inician en la hidroponía debido a la facilidad que estas tienen. En esta técnica concretamente, se usa un sustrato con nutrientes que se utiliza como medio de sustento para la planta permitiendo la suficiente humedad y la expansión de la raíz (Aema, 2020).

#### **1.11.4 Técnicas de raíz flotante**

Esta técnica consiste en utilizar contenedores, en los cuales no se debe permitir la entrada de luz a las raíces del cultivo. El oxígeno que necesitan las plantas llega a través del agua, por ello se debe mover el agua utilizando bombas de aire (Aema, 2020).

#### **1.11.5 Técnica de mecha o pabilo**

Terminamos el artículo con una de las técnicas más simples, esta no requiere bombas para el transporte de la solución nutritiva desde el depósito hasta las plantas. Las plantas reciben la solución mediante mechas o pabilos. El sistema es muy versátil y puede usar diferentes tipos de sustratos. Esta técnica es recomendable para plantas que requieran poca agua (Aema, 2020).

#### **1.11.6 Preparación de los almácigos**

En los almácigos se producen plántulas, este término “plántula” designa a la planta pequeña que es producida por semilla, de pocas semanas de edad, y que se utiliza en los cultivos de trasplante para establecer el plantío definitivo en el campo. Con hortalizas de trasplantes costumbre hacer primero almácigos, pues tales plantas tienen la propiedad de reproducir sus raicillas y pelos absorbentes rápidamente. Típicas de este grupo para almácigos son las solanáceas y crucíferas (Casseres, 2000).

El almácigo es cuando sembramos las semillas de alguna verdurita u hortaliza No directamente en la Huerta, sino que en algún cajón o recipiente de tamaño manejable (se les llama almacigueras o semilleros) hasta que la plantita tenga un tamaño adecuado para trasplantarla (llevarla) a la huerta. Más o menos, cuando tienen 3 o 4 hojas de las verdaderas (Arango, 2017).

#### **1.11.7 Trasplante**

El trasplante es la acción de trasladar definitivamente al campo las plantas obtenidas directamente de los semilleros o enraizadas tras el repicado, cuando estas reúnen las condiciones o el clima lo permite. Las trasplantamos del semillero protegido donde

germinaron y se desarrollaron, al lugar donde crecerán y darán fruto, en condiciones más duras los primeros días.

En general, las plantas cultivadas en cualquier tipo de contenedor son llevadas al sistema definitivo de establecimiento cuando éstas poseen 5 hojas verdaderas, sin considerar el primer par de hojas embrionarias llamadas cotiledones. En este estado de desarrollo, las plantas cuentan con raíces lo suficientemente largas para estar en contacto con la solución nutritiva recirculante y así absorber los elementos nutritivos y agua combinados (Arango, 2017).

### **1.11.8 Cosecha**

La cosecha es un proceso agrícola que consiste en recoger los productos vegetales comestibles, que pueden ser frutos, semillas u hortalizas de los campos, en la época del año en que están maduros. La cosecha marca el final del crecimiento de una estación o el final del ciclo de un fruto en particular. El término cosechar, en su uso general, incluye también las acciones posteriores a la recolección del fruto propiamente dicho, tales como la limpieza, clasificación y embalado de lo recolectado, hasta su almacenamiento y su envío al mercado de venta al por mayor o al consumidor.

Una de las principales ventajas de la hidroponía sobre la agricultura tradicional es la capacidad de obtener un mayor rendimiento. Según algunos autores, la hidroponía resulta en una cosecha que es de dos a 10 veces el de las mismas plantas que se cultivan tradicionalmente. Este aumento del rendimiento se produce en menor tiempo y en menor espacio que en la agricultura tradicional (Beltrano, 2015).

### **1.11.9 Post Cosecha**

La post-cosecha se refiere a todas las actividades que se realizan entre la cosecha y el consumo de los productos del huerto. Aunque lo ideal es cosechar y consumir de inmediato, esto no siempre es posible. Por ello, es importante aprender a almacenar y conservar alimentos (Beltrano, 2015).

Después de una cosecha, es importante lavar las hortalizas para sacar cualquier impureza o residuo y reducir el riesgo de contraer algún malestar. La única excepción

a esta regla son los tubérculos y las inflorescencias que no deben ser lavados hasta el momento de su preparación.

El empacado en campo es otro punto que puede mejorar la calidad de las hortalizas y en concreto de la lechuga. Esta técnica ofrece mayor rendimiento comercial al disminuir el daño mecánico, unos de mayores daños en la post-cosecha. También habrá que limpiar los productos al recogerla del campo para evitar daños y mal estado de la maquinaria (Beltrano, 2015).

**CAPÍTULO II**  
**MATERIALES Y MÉTODOS**

## CAPÍTULO II

### 2 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 2.1 Localización

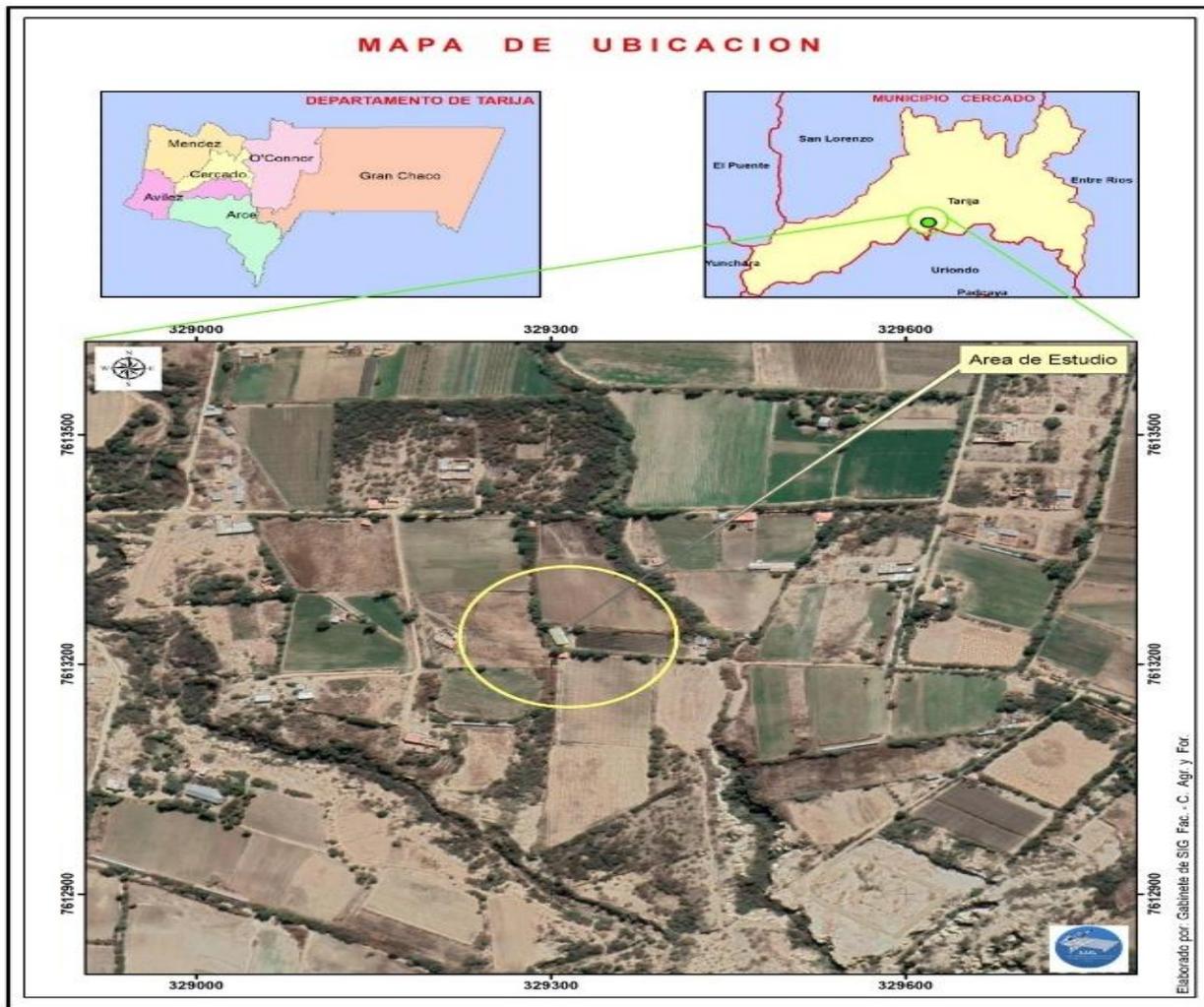
El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en El Porillo zona El Baisal perteneciente a la provincia Cercado del departamento de Tarija.

#### 2.2 Ubicación geográfica

La comunidad de el Baisal se encuentra ubicada entre las coordenadas geográficas 21°32'48" de latitud, 64°42'39" de longitud y a una altura de 1,849 m.s.n.m. (SENAMHI Tarija)

El área de estudio se encuentra a 1 km distante de la carretera al Chaco y a 10 minutos de la carretera principal de la ciudad de Tarija.

**Ilustración 1.** Mapa del Área del experimento y zona de estudio



Ubicación del área del experimento, se encuentra localizada en el departamento de Tarija- Bolivia, provincia Cercado, zona El Baisal.

## **2.3 Caracterización del lugar**

### **2.3.1 Clima**

Tarija presenta veranos largos, calurosos, mojados y mayormente nublados y los inviernos son cortos, frescos y mayormente despejados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 5 °C a 25 °C y rara vez baja a menos de 1 °C o sube a más de 29 °C.

### **2.3.2 Precipitación**

Las precipitaciones más grandes son en enero, diciembre, febrero con 285 milímetros de precipitación. La mayoría de la precipitación ocurre en enero con una precipitación promedio de 105 mm. La cantidad anual de precipitación en Tarija es de 554 mm.

### **2.3.3 Humedad**

La humedad relativa más baja del año es en julio (57.52 %). El mes con mayor humedad es marzo (85.86 %). La mayor cantidad de días lluviosos en un mes es 24.20 y ocurre en enero. El mes con la menor cantidad de días lluviosos es junio con 3.93 días.

### **2.3.4 Viento**

Velocidad y dirección del viento en grados desde 0° Norte, 90° Este 180° y 270° Oeste.

### **2.3.5 Temperatura**

Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 5 °C a 25 °C y rara vez baja a menos de 1 °C o sube a más de 29 °C.

- **Heladas**

En los meses de junio y julio Tarija presenta heladas, ya que descienden las temperaturas 0° C

### **2.3.6 Cultivos agrícolas de la comunidad**

La zona El Baisal produce diferentes cultivos como ser: frutilla, papa, orégano, maíz, vid y otros.

## **2.4 Equipo y materiales**

### **2.4.1 Material vegetal**

- Semillas peletizadas de lechuga Isabela (*Lactuca sativa* L)

### **2.4.2 Material de laboratorio:**

- Balanza
- Peachimetro y conductímetro
- Jeringa

### **2.4.3 Materiales para el almacigado de la semilla:**

- Semillas peletizadas de lechuga Isabela (*Lactuca sativa* L)
- Bandejas de plástico de 0,30 m de largo, 0,20 m de ancho y 0,12 m de profundidad
- Papel toalla
- Pulverizador

### **2.4.4 Material para bandeja flotante**

- Piscina de maternidad de 0,70 m de ancho, 3,16 m de alto y con una profundidad de 0,15 m.
- Tijera
- Esponjas cortadas en forma de cubo de 3 cm de espesor
- Detergente
- Manguera
- Nylon negro para la piscina de maternidad de 4 m de largo y 1 m de ancho
- Bandejas de almacigo de 0,30 m de ancho y largo

### Materiales para el sistema NFT y equipos

- Caballetes de hierro de construcción de 1,7 m de ancho y 0,80m de alto
- Tuberías PVC de 3 pulgadas y de 8m de largo
- Tanques de almacenamiento de soluciones nutritivas de 900 y 650 litros
- Sistemas de desagüe
- Sistema de distribución (micro aspersores)
- Canastillos
- Bombas de 0,5 hp
- Timer (central de programación)

### 2.4.5 Material químico

**Cuadro 5.** Fertilizantes

<i>Solución A: (Macronutrientes)</i>	<i>Solución B (Micronutrientes)</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Nitrato de calcio Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.</i></li> <li>• <i>Fosfato monoamónico (NH<sub>4</sub> H<sub>2</sub> PO<sub>4</sub> )</i></li> <li>• <i>Nitrato de potasio (KNO<sub>3</sub>)</i></li> <li>• <i>Sulfato de magnesio (MgSO<sub>4</sub> )</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hierro (Fe)</li> <li>• Manganeso (Mn)</li> <li>• Zinc (Zn)</li> <li>• Cobre (Cu)</li> <li>• Molibdeno (Mo)</li> </ul>
<i>Reguladores para el ajuste del pH</i>	
<i>Ácido nítrico (HNO<sub>3</sub> )</i>	<i>Ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> )</i>

### 2.4.6 Material para la preparación de solución nutritiva

- Baldes de 10 litros
- Vasos plásticos para el pesaje de fertilizantes
- Paletas de madera para la disolución de los fertilizantes

#### 2.4.7 Material de invernadero:

- Estructura de madera
- Cobertura de agro fil.
- Malla antiácida.

#### 2.4.8 Material de gabinete:

- Computadora
- Cámara fotográfica
- Libreta de campo
- Cartón para el letrero

### 2.5 Análisis del agua

Según la siguiente solución de la muestra de agua tomada, misma que fue llevada al centro de investigación y desarrollo (CEANID) de la UAJMS para los datos del pH, C.E. cationes solubles como: Ca, K, y los aniones solubles como: P, S, y Na.

**Cuadro 6.** Análisis de agua utilizado en el experimento

<i>PARÁMETROS</i>	<i>VALOR</i>	<i>UNIDAD</i>
<i>pH</i>	7,34	
<i>CE</i>	439,5	( $\mu\text{mho/cm}$ )
<i>CATIONES SOLUBLES</i>		
<i>Ca</i>	24,7	Mg/l
<i>K</i>	10,1	Mg/l
<i>Fe</i>		
<i>ANIONES SOLUBLES</i>		
<i>P</i>	0,04	Mg/l
<i>S</i>	57,20	Mg/l
<i>Na</i>	40,8	mg/l

**Fuente:** Centro de análisis de investigación y desarrollo CEANID-UAJMS  
Toma de muestra del agua

### **Toma de muestra**

Lo más importante es tratar que la muestra de agua sea homogénea y representativa y por sobre todo que en la extracción no se modifiquen las propiedades del agua a analizar. Para un análisis físico químico se requieren 2 Litros de agua. Preferentemente se debe tomar la muestra en un envase de vidrio; puede usarse envase de plástico. Es necesario que el envase se encuentre perfectamente limpio (para esto debe lavarse con jabón o detergente, enjuagar varias veces con agua potable y por último enjuagar con el agua a analizar), y que su tapa o cierre no permita la salida del líquido, ni tampoco la entrada de elementos contaminantes. Si el agua a analizar es de un sistema de distribución, se abre el grifo, se deja correr 4- ó- 5 minutos.

## **2.6 Metodología**

### **2.7 Diseño experimental**

El diseño experimental utilizado en nuestro estudio de investigación fue un diseño completamente aleatorio, con tres tratamientos y tres repeticiones para las tres parcelas (baterías), haciendo un total de 9 unidades experimentales. Cada unidad experimental consta de tres tubos.

#### **Tratamientos:**

T1= Dosis alta

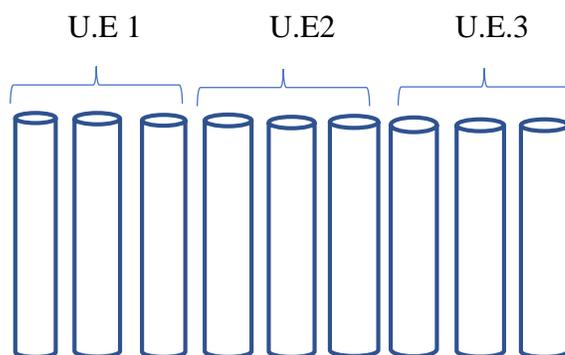
T2= Dosis media

T3=Dosis baja

### Unidad experimental

Cada unidad experimental está representada por tres tubos en los diferentes tratamientos, habiendo un total de 9 unidades experimentales

**Ilustración 2.** Unidad experimental



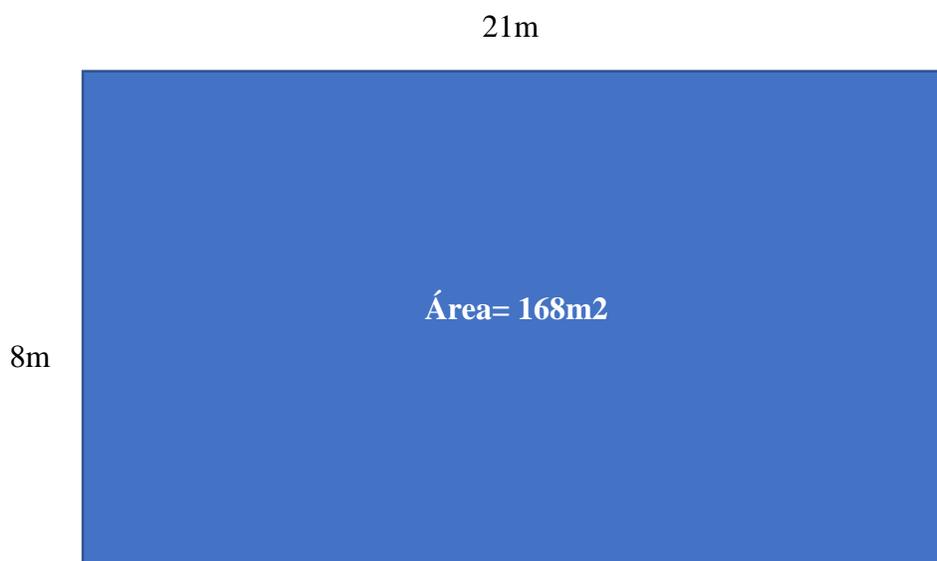
Donde:

U= Unidad

E= Experimental

### Medidas del invernadero

**Ilustración 2.** Medidas del invernadero



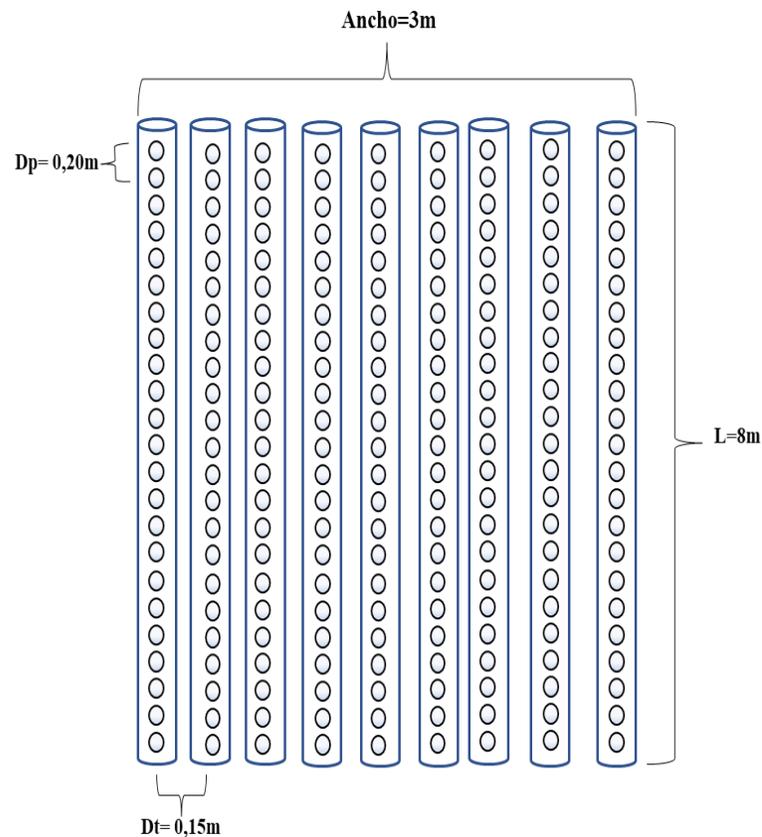
**Fuente:** Elaboración propia

- caballetes de construcción de 3m de ancho y 0,80 de alto (h)
- piscinas de maternidad de 0,69 m de ancho, 3.16m de largo y 1m de alto.

### Medidas de las tres parcelas (baterías) experimentales

- 9 tubos de PVC = 3 pgd
- Largo de cada parcela = 8 m
- Ancho de cada parcela = 3 m
- Área total de cada parcela = 24 m<sup>2</sup>
- Distancia entre tubos = 0,15 m
- Distancia entre plantas 0,20 m

**Ilustración 3.** Medidas de cada parcelas (baterías) experimental



**Fuente:** Elaboración propia

Las baterías cuentan con 9 tubos PVC de 8m de largo y con 40 perforaciones en cada tubo, obteniendo una densidad de plantación de 360 plantas por parcela (batería)

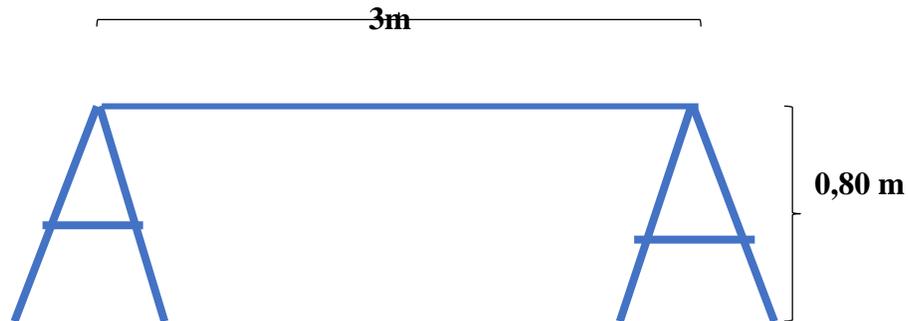
### Medidas de cada parcela experimental

- 9 tubos de PVC = 3 pgd
- Largo de cada parcela = 8 m
- Ancho de cada parcela = 3 m
- Área total de cada parcela = 24 m<sup>2</sup>
- Distancia entre tubos = 0,15 m
- Distancia entre plantas 0,20 m
- Distancia entre pasillos de cada parcela 0,50 m

### Caballetes

Caballetes de construcción de 3m de ancho y 0,80 de alto (h)

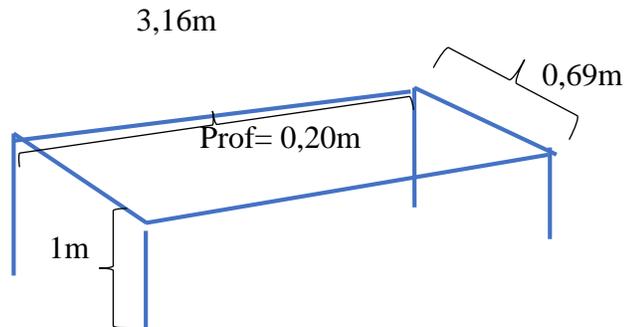
**Ilustración 4.** Caballetes, Soporte de las tuberías de cada parcela (batería)



**Fuente:** Elaboración propia

## Piscina de maternidad

**Ilustración 5.** Piscina de maternidad



**Fuente:** Elaboración propia

## 2.8 Procedimiento experimental

### 2.8.1 Cálculos para la formulación de las diferentes dosis

Las plantas necesitan 16 elementos en diferentes cantidades para obtener una producción adecuada. Estos nutrimentos están clasificados de acuerdo a las cantidades necesarias. Tan sólo tres de estos 16 (carbono, oxígeno e hidrógeno) acumulan el 95% del total requerido y afortunadamente son suministrados a través del aire y el agua. El restante deberá ser suplementados a través del suelo y la fertilización sintética. Sin embargo, solamente el nitrógeno, fósforo y potasio se requieren en altas cantidades, el resto normalmente el suelo posee suficientes cantidades o son suministradas en bajas cantidades a través de aplicaciones foliares (zinc, boro, calcio, magnesio, manganeso, fierro y azufre) o vienen mezclados con los fertilizantes que contienen macro nutrimentos (calcio y azufre) se presentan 8 los nutrimentos necesarios, sus características y deficiencias de los elementos, respectivamente.

**Cuadro 7.** Composición de soluciones nutritivas para la lechuga

<i>meq L<sup>-1</sup></i>		<i>mg L<sup>-1</sup></i>									
<i>Solución ó</i>											
<i>Cultivo</i>	<i>EC</i>	<i>NH4</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>NO3</i>	<i>SO4</i>	<i>H2PO4</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	
<i>Zn</i>	<i>B</i>	<i>Cu</i>	<i>Mo</i>								
<i>(ms.cm<sup>-1</sup>)</i>											
<i>Lechuga</i>	2.6	1.25	11.0	9.0	2.0	19.0		2.2	2.0	2.20	
<i>0.50</i>					0.26	0.32	0.05	0.05			

**Fuente:** Adaptado de Cahahia, 1998; Burgueño, 1998; Fernández et al., Sonneveld, 1994; Urrestarasu, 2004.

A partir del requerimiento nutricional de la lechuga y tomando los resultados del análisis de agua obtenidos por el laboratorio, se tomó como base para la formulación de la dosis media y se aumentó un 10% más de solución para la dosis alta y se disminuyó un 10% menos para la dosis baja.

**Tabla 8** Primera Formulación de la dosis media

<i>Compuestos nutricionales</i>	<i>Para tanque de 650 litros de agua</i>
<i>Nitrato de calcio</i>	607, 7 gr
<i>Fosfato monoamónico</i>	98,15 gr
<i>Nitrato de potasio</i>	322,4 gr
<i>Sulfato de magnesio</i>	292,5 gr
<i>Micronutrientes</i>	19,5 gr

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 9** Segunda formulación de la dosis baja (-10%)

<i>Compuestos nutricionales</i>	<i>Para tanque de 900litros de agua</i>
<i>Nitrato de calcio</i>	757,35 gr
<i>Fosfato monoamónico</i>	122,3 gr
<i>Nitrato de potasio</i>	401,7 gr
<i>Sulfato de magnesio</i>	364,5 gr
<i>Micronutrientes</i>	24,3 gr

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 10** Tercera formulación de la dosis alta (+10%)

<i>Compuestos nutricionales</i>	<i>Para tanque de 900 litros de agua</i>
<i>Nitrato de calcio</i>	925,6 gr
<i>Fosfato monoamónico</i>	148,5 gr
<i>Nitrato de potasio</i>	491,04gr
<i>Sulfato de magnesio</i>	445,5 gr
<i>Micronutrientes</i>	29,7 gr

**Fuente:** Elaboración propia

## **2.9 Procedimiento experimental**

### **2.9.1 Almacigo**

La siembra se realizó el 14 de Julio del 2022, para ello se utilizó semillas de lechuga paletizada, que consiste que las semillas están recubiertas, por una mezcla de arcilla y otros materiales. El revestimiento permite el fácil acceso de la humedad y el oxígeno a las semillas y por lo tanto la germinación es elevada.

Para la siembra, se utilizó bandejas de plástico de 0,30 m de largo, 0,20 m de ancho y 0,12 m de profundidad, donde se puso papel toalla en el fondo de la bandeja y se procedió a esparcir las semillas. Una vez terminado se procedió a tapar las bandejas

para incrementar la temperatura, una vez germinadas se retiró las tapas para evitar la elongación del epicotilo, se aplicó riego diariamente con un pulverizador manual.

### **2.9.2 Limpieza y desinfección de bandejas flotantes**

Para el lavado y desinfección de bandejas flotantes, se utilizó trapo con detergente. Cada bandeja consta de las siguientes dimensiones: 3,16 m de largo 0,69m de ancho y 0,10 m de profundidad y fueron forradas con nylon negro.

### **2.9.3 Primer trasplante a bandejas flotantes**

Se trasplantó a bandejas flotantes el 21 de Julio del 2022, cuando los plantines desarrollaron su raíz a un tamaño promedio de 5cm. Se cortó la esponja en forma de cubos para sostener los plantines, posteriormente se introdujo en las bandejas de almacenado y finalmente se procedió a llevar a las bandejas flotantes. A cada bandeja flotante se introdujo 80lt de agua potable por 3 días sin solución, para que los plantines se adapten y experimenten cierto desarrollo. Pasados los 3 días se procedió a la preparación de la solución nutritiva, con la cual permaneció por 21 días.

## **2.10 Preparación de solución nutritiva para bandejas flotantes**

En bandejas flotantes, la solución nutritiva se suministró a una concentración de 50% de los nutrientes de la primera formulación (Cuadro 4).

### **2.10.1 Oxigenación de la solución en bandeja flotante**

La oxigenación de la solución nutritiva se la realizo de manera manual dos veces al día, con el fin de que los elementos nutritivos se redistribuyan, la oxigenación es de vital importancia en bandejas flotante, por estar sumergidas en el agua y estas deben estar bien oxigenadas.

### **2.10.2 Trasplante definitivo al sistema NFT**

Se trasplanto al sistema NFT el 12 de agosto del 2022: para ello cada plantín se colocó en canastillos de plástico sin lastimar el plantín y posteriormente fue llevado e

introducido a los orificios de las tuberías PVC, con distanciamiento de 0,20 m entre planta, teniendo cuidado que la raíz ingrese al orificio del tubo y esté en contacto con la solución. Los plantines permanecieron 30 días en el sistema NFT.

### **2.10.3 Preparación de solución nutritiva para sistema NFT**

Una vez que los plantines fueron trasplantados al sistema NFT, la concentración de la solución se preparó al 100% de los nutrientes de la primera formulación para cada dosis. La dosis 1 (dosis media) se lo preparo en un tanque de 650 lt de solución, en la dosis 2 (dosis baja) se preparó para un volumen de 900lt de solución y en la dosis 3 (dosis alta) se preparó en un tanque de 900lt de solución.

## **2.11 Monitoreo de la solución nutritiva en el sistema NFT**

### **2.11.1 Control del PH**

La lectura de pH de la solución nutritiva se realizó día por medio, para mantener dentro del rango óptimo recomendado para el crecimiento adecuado del cultivo (5,5 a 6,5). Cuando el pH ascendía se controló con (ácido nítrico).

### **2.11.2 Control de la conductividad eléctrica (ce)**

La CE de los respectivos tanques del sistema NFT, correspondieron al rango de (2.0 a 2.7 mS/cm), porque la solución se preparó a una concentración al 100% de Nutrientes.

### **2.11.3 Control de temperatura de solución nutritiva**

Día por medio se registró la temperatura de la solución nutritiva, ya que es muy importante porque influye en la absorción de agua y nutrimentos.

Por eso el tanque de almacenamiento de la solución, se mantuvo bajo el nivel del suelo, y aislado de luz directa.

### **2.11.4 Prevención Fitosanitaria**

Para la prevención fitosanitaria se utilizó trampas amarillas, ya que se presentó mosca blanca en el cultivo. No registrando ningún daño significativo.

### 2.11.5 Cosecha

Cuando la lechuga alcanzó su mayor tamaño comercial, a los 60 días, se procedió a la cosecha de la lechuga de cada unidad experimental, y después se realizó el pesado y registros de datos y se procedió al lavado respectivo.

### 2.11.6 Post cosecha

Luego del lavado se embolsaron las lechugas, empaquetando 1 a 2 lechugas por bolsa de celofán y finalmente se procedió a distribuir a supermercados y churrasquerías de la ciudad.

### Registro de las variables de respuesta

Las variables evaluadas en este trabajo de investigación se presentan a continuación:

- **Peso fresco de la lechuga (gr/planta):** Para determinar el peso de la planta, se realizó la cosecha de las plantas muestreadas por unidad experimental de cada tratamiento y posteriormente se procedió al pesaje correspondiente de las muestras en una balanza de 5 kg de capacidad.
- **Altura de planta (cm):** La altura de planta se determinó a las plantas muestreadas de cada tratamiento, para ello se requirió el uso de una regla. La medición se realizó desde el nudo vital de la planta al último ápice foliar de toda la planta.
- **Conteo de numero de hojas (N.º de hojas/planta):** El conteo de hojas, se realizó a las plantas muestreadas de cada tratamiento. El número de hojas por planta, se tomó en cuenta todas las hojas desde las más pequeñas hasta las más grandes.
- **Diámetro de la roseta de planta (cm):** Para conocer el diámetro de la roseta, se realizó midiendo en (cm) a cada planta muestreada, para ello se usó una regla.

La medición se determinó desde el borde izquierdo hasta el borde derecho de la roseta.

- **Altura de la raíz (cm):** Para la medición de la altura de la raíz se utilizó una regla, desde donde finaliza la raíz hasta el comienzo del tallo.

**CAPÍTULO III**  
**RESULTADOS Y DISCUSIONES**

## CAPÍTULO III

### 3.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Análisis de agua

Según la siguiente solución de la muestra de agua tomada, misma que fue llevada al centro de investigación y desarrollo (CEANID) de la UAJMS para los datos del pH, C.E. cationes solubles como: Ca, K, y los aniones solubles como: P, S, y Na.

De acuerdo a los objetivos planteados de las variables medidas se presentan los principales resultados.

**Cuadro 11.** Análisis de agua utilizado en el experimento

<i>PARÁMETROS</i>	<i>VALOR</i>	<i>UNIDAD</i>
<i>pH</i>	7,34	
<i>CE</i>	439,5	( $\mu\text{mho/cm}$ )
<i>CATIONES SOLUBLES</i>		
<i>Ca</i>	24,7	Mg/l
<i>K</i>	10,1	Mg/l
<i>Fe</i>		
<i>ANIONES SOLUBLES</i>		
<i>P</i>	0,04	Mg/l
<i>S</i>	57,20	Mg/l
<i>Na</i>	40,8	mg/l

**Fuente:** Elaboración propia

En el cuadro N°11 se indica el peso de la planta de lechuga en gr por planta a los 15 días

### 3.2 Peso de la planta en gr a los 15 días

**Cuadro 112** Peso de la planta en gr a los 15 días

<i>trat</i>	<i>repetición</i>			$\Sigma$	<i>X</i>
	I	II	III		
<i>T1</i>	79,54	90,18	76,26	245,98	81,99
<i>T2</i>	57,19	62,01	66,06	185,26	61,75
<i>T3</i>	49,98	52,14	47,54	149,65	49,88
$\Sigma$	186,70	204,33	189,86	580,89	
<i>x</i>	62,23	68,11	63,29		

**Fuente:** Elaboración propia

De acuerdo al cuadro N° 12, los datos obtenidos del peso de las plantas de los tres tipos de fertilización empleados en el sistema hidropónico del cultivo de la lechuga, se puede observar según las medias obtenidas que el T1 (dosis alta) es el tratamiento que obtiene el mayor peso de las plantas, en segundo lugar, se encuentra el T2 (dosis media), y para finalizar tenemos el T3 que es el tratamiento de la dosis baja.

### 3.3 Anova de los datos del peso

**Cuadro 13.** Anova de los datos del peso

<i>Anova</i>						
<i>fuentes de variación</i>	gl	SC	CM	Fc	Ft	
<i>total</i>	8	1737,31			1%	5%
<i>tratamientos</i>	2	1581,42	790,71	32,60	13,3	5,79
<i>bloques</i>	2	58,87	29,43	1,21	13,3	5,79
<i>error</i>	4	97,02	24,26			

**Fuente:** Elaboración propia

De acuerdo al análisis de varianza podemos observar que los tratamientos presentan diferencias altamente significativas, tomando en cuenta que la F calculada es mayor que la F tabulada al 1 y al 5%.

### 3.4 Prueba de Duncan

**Cuadro 14.** Prueba de Duncan

<i>q</i>	3,64	3,75	3,8
<i>sx</i>	2,84	2,84	2,84
<i>Ls</i>	10,35	10,66	10,81

	81,99	61,75
61,75	20,24	41,52
49,88	32,11	29,65

<i>T1</i>	<i>a</i>
<i>T2</i>	<i>b</i>
<i>T3</i>	<i>c</i>

**Fuente:** Elaboración propia

Realizada la prueba de Duncan, se observa que el T1 (dosis alta), es estadísticamente diferente al resto de los tratamientos, el tratamiento T2 (dosis media) es diferente al T3 (dosis baja).

### 3.5 Altura de la planta en cm a los 15 días

**Cuadro 15** Altura de la planta en cm a los 15 días

<i>trat</i>	<i>repetición</i>			$\Sigma$	<i>X</i>
	I	II	III		
<i>T1</i>	8,06	7,84	8,03	23,93	7,98
<i>T2</i>	7,45	7,78	7,24	22,46	7,49
<i>T3</i>	6,30	6,26	6,20	18,76	6,25
$\Sigma$	21,81	21,88	21,46	65,15	
<i>x</i>	7,27	7,29	7,15		

**Fuente:** Elaboración propia

De acuerdo al cuadro N° 15, los datos obtenidos de la altura de la planta de los tres tipos de fertilización empleados en el sistema hidropónico del cultivo de la lechuga, se puede observar según las medias que el T1 (dosis alta) es el tratamiento que obtiene la altura más alta, en segundo lugar, se encuentra el T2 (dosis media), y para finalizar tenemos el T3 que es el tratamiento de la dosis baja.

### 3.5.1 Anova de los datos de la altura

**Cuadro 16.** Anova de los datos de la altura en el cultivo de la lechuga

<i>Anova</i>						
<i>fuentes de variación</i>	gl	SC	CM	Fc	Ft	
<i>total</i>	8	4,90			1%	5%
<i>tratamientos</i>	2	4,72	2,36	63,88	13,3	5,79
<i>bloques</i>	2	0,03	0,02	0,45	13,3	5,79
<i>error</i>	4	0,15	0,04			

**Fuente:** Elaboración propia

De acuerdo al análisis de varianza podemos observar que los tratamientos presentan diferencias altamente significativas tomando en cuenta que la F calculada es mayor que la F tabulada al 1% y al 5%.

### 3.5.2 Prueba de Duncan

**Tabla 17.** Prueba de Duncan

<i>q</i>	3,64	3,75	3,8
<i>sx</i>	0,111	0,111	0,111
<i>Ls</i>	0,404	0,416	0,422

	7,98	7,49
6,25	1,72	1,23
7,49	0,49	

<i>T1</i>	<i>a</i>
<i>T2</i>	<i>b</i>
<i>T3</i>	<i>c</i>

**Fuente:** Elaboración propia

Realizada la prueba de Duncan, se observa que el T1 que es la dosis alta se categoriza como el primer tratamiento en cuanto a la altura, seguido de la T2 que es la dosis media y como último fue la T3 que es el tratamiento de dosis baja.

### 3.6 Conteo de número de hojas a los 15 días

**Cuadro 18.** Conteo de número de hojas a los 15 días

TRAT	REPETICIONES			$\Sigma$	X
	I	II	III		
T1	5,83	6,36	6,00	18,19	6,06
T2	5,71	5,93	5,73	17,36	5,79
T3	5,13	5,66	5,54	16,33	5,44
$\Sigma$	16,66	17,95	17,26	51,88	
X	5,55	5,98	5,75		

**Fuente:** Elaboración propia

De acuerdo al cuadro N° 18 los datos del número de hojas de las plantas de los tres tipos de fertilización empleados en el sistema hidropónico del cultivo de la lechuga, se puede observar según los datos obtenidos que el T1 (dosis alta) es el tratamiento que obtiene el mayor número de hojas; en segundo lugar, se encuentra el T2(dosis media) y para finalizar tenemos el tratamiento T3 que es el tratamiento de la dosis baja.

### 3.7 Anova de los datos del número de hojas

**Cuadro 19.** Anova de los datos del número de hojas

Anova						
fuentes de variación	gl	SC	CM	Fc	Ft	
total	8	0,92			1%	5%
tratamientos	2	0,58	0,29	19,27	13,3	5,79
bloques	2	0,28	0,14	9,18	13,3	5,79
error	4	0,06	0,02			

**Fuente:** Elaboración propia

De acuerdo al análisis de varianza podemos observar que en los tratamientos hay diferencias significativas tomando en cuenta que la F calculada es mayor que la F tabulada es mayor al 1% y al 5%.

### 3.8 Prueba de Duncan

**Tabla 20.** Prueba de Duncan

<i>q</i>	3,64	3,75	3,8
<i>sx</i>	0,071	0,071	0,071
<i>Ls</i>	0,258	0,266	0,269

	6,06	5,79
5,44	0,62	0,35
5,79	0,28	

<i>T1</i>	<i>a</i>
<i>T2</i>	<i>b</i>
<i>T3</i>	<i>c</i>

**Fuente:** Elaboración propia

Realizada la prueba de Duncan, se observa que el T1 (dosis alta), es estadísticamente diferente al resto de los tratamientos, el T2 (dosis media), es diferente al T3 (dosis baja).

### 3.9 Diámetro de la roseta a los 15 días

**Cuadro 21.** Diámetro de la roseta a los 15 días

<i>TRAT</i>	<i>REPETICIONES</i>			$\Sigma$	<i>X</i>
	I	II	III		
<i>T1</i>	13,68	13,99	13,71	41,38	13,792
<i>T2</i>	14,03	13,90	14,31	42,24	14,079
<i>T3</i>	11,48	11,11	11,29	33,88	11,292
$\Sigma$	39,18	39,00	39,31	117,49	
<i>X</i>	13,06	13,00	13,10		

**Fuente:** Elaboración propia

De acuerdo al cuadro N° 21 en el diámetro de la roseta de las plantas de los tres tipos de fertilización empleados en el sistema hidropónico del cultivo de la lechuga, se puede observar que el T2 (dosis media) es el tratamiento que obtuvo el mayor tamaño del

diámetro de la roseta de las plantas, en segundo lugar se encuentra el T1 y como último lugar tenemos al T3.

### 3.10 Anova de los datos del diámetro de la roseta

**Cuadro 22.** Anova de los datos del diámetro de la roseta

<i>Anova</i>						
<i>fuentes de variación</i>	gl	SC	CM	Fc	Ft	
<i>total</i>	8	14,32			1%	5%
<i>tratamientos</i>	2	14,10	7,05	143,12	13,3	5,79
<i>bloques</i>	2	0,02	0,01	0,17	13,3	5,79
<i>error</i>	4	0,20	0,05			

**Fuente:** Elaboración propia

En la cuadro 22 del anova, los tratamientos son altamente significativos ya que la fc es muy mayor que la ft al 1% y 5% y no existe diferencias entre los bloques o repeticiones por existir diferencias en los tratamientos se realiza la prueba Duncan

**Cuadro 23.** Prueba de Duncan

<i>q</i>	3,64	3,75	3,8
<i>sx</i>	0,128	0,128	0,128
<i>Ls</i>	0,466	0,481	0,487

	14,079	13,792
11,292	2,788	2,500
14,079	0,000	

T2	A
T1	A
T3	B

**Fuente:** Elaboración propia

De acuerdo al cuadro 23 una vez aplicado Duncan se puede verificar que tanto la T2 (dosis media) y la T1 (dosis alta) no tienen diferencias, a diferencia de la T3 hay diferencia por que se encuentra debajo de los otros dos tratamientos.

### 3.11 Altura de la Raíz a los 15 días

**Cuadro 24.** Altura de la Raíz

<i>TRAT</i>	<i>REPETICIONES</i>			$\Sigma$	<i>X</i>
	I	II	III		
<i>T1</i>	11,05	12,33	12,06	35,44	11,81
<i>T2</i>	11,84	12,09	11,05	34,98	11,66
<i>T3</i>	10,88	10,26	10,64	31,78	10,59
$\Sigma$	33,76	34,68	33,75	102,19	
<i>X</i>	11,25	11,56	11,25		

**Fuente:** Elaboración propia

En el cuadro 24 se puede demostrar los datos obtenidos de la altura de raíz lo cual es relevante ya que mientras más raíz tenga más vigorosa será la planta de las cuales la T1 es la que cuenta con un valor promedio más alto con 23,63 que es el tratamiento de dosis alta seguido de la T2 que es el tratamiento de dosis media con un valor promedio de 23,32 y como ultimo la T3 que es el tratamiento de dosis baja con un valor promedio de 21,18.

### 3.12 Anova de los datos de la altura de la raíz

**Cuadro 25.** Anova de los datos de la altura de la raíz en los 15 días

<i>Anova</i>						
<i>fuentes de variación</i>	gl	SC	CM	Fc	Ft	
<i>total</i>	8	4,34			1%	5%
<i>tratamientos</i>	2	2,65	1,33	3,55	13,3	5,79
<i>bloques</i>	2	0,19	0,09	0,25	13,3	5,79
<i>error</i>	4	1,50	0,37			

**Fuente:** Elaboración propia

De acuerdo al cuadro 25 una vez que se analizó en el anova los datos de la altura de la raíz se puede observar o demostrar que en cuanto a los tratamientos la fc es menor que el ft de lo cual podemos deducir que no hay diferencias significativas en los tratamientos. Al igual que en los bloques.

### 3.13 Peso de la planta en gr en la cosecha a los 30 días

**Cuadro 26.** Peso de la planta en gr en la cosecha

TRAT.	REPETICIÓN			$\Sigma$	X
	I	II	III		
T1	159,08	180,35	152,53	491,95	163,98
T2	114,38	124,03	132,13	370,53	123,51
T3	99,95	104,28	95,08	299,30	99,77
$\Sigma$	373,40	408,65	379,73	1161,78	
X	124,47	136,22	126,58		

**Fuente:** Elaboración propia

De acuerdo al cuadro 26 los datos obtenidos del peso de las plantas de los tres tipos de fertilización empleados en el sistema hidropónico del cultivo de la lechuga, también se puede afirmar que la T1 que es el tratamiento con solución alta es el que más sobresalió en cuanto al peso de las plantas tomadas y como segundo está el tratamiento T2 que es el tratamiento de solución media, y para finalizar tenemos T3 que es el tratamiento de la dosis baja.

De acuerdo al autor que obtuvo media de 170 gr a 200 gr por planta en la cosecha. (Quispe, 2015)

**Cuadro 27.** Anova de los datos del peso

<i>anova</i>						
<i>fuentes de variación</i>	gl	SC	CM	Fc	Ft	
<i>total</i>	8	6949,23			1%	5%
<i>tratamientos</i>	2	6325,67	3162,83	32,60	13,3	5,79
<i>bloques</i>	2	235,47	117,73	1,21	13,3	5,79
<i>error</i>	4	388,09	97,02			

**Fuente:** Elaboración propia

De acuerdo al cuadro N°27 se aplicó los respectivos cálculos para la elaboración del anova una vez obtenido la fc (f calculada), en la Ft (f tabulada) se puede diferenciar que es mayor a la ft lo cual nos indica que tiene diferencias significativas como en los bloques la es menor que la ft se puede decir que no hay diferencias significativas.

### 3.14 Prueba de Duncan

**Cuadro 28.** Prueba de Duncan

$S_x = 2,04$

<i>q</i>	3,64	3,75	3,80
<i>sx</i>	5,69	5,69	5,69
<i>ls</i>	20,70	21,33	21,61

	163,98	123,51
99,77	64,22	23,74
123,51	40,48	NS

<i>Duncan</i>		
	163,98	123,51
99,77	*	*
123,51	*	NS

<i>T1</i>	a
<i>T2</i>	b
<i>T3</i>	c

**Fuente:** Elaboración propia

Se puede evidenciar que en la cuadro 28 en cuanto al peso la T1 que es el tratamiento de dosis alta sobre sale más que la T2 que es el tratamiento de dosis media y T3 el tratamiento de dosis baja es el que menor sobre salió a comparación de los dos anteriores.

#### 3.14.1 Altura de la planta en (cm) en la cosecha

**Cuadro 29.** Altura de la planta en cm en la cosecha

<i>TRAT</i>	<i>REPETICIONES</i>			$\Sigma$	<b>X</b>
	I	II	III		
<i>T1</i>	16,13	15,68	16,05	47,85	15,95
<i>T2</i>	14,90	15,55	14,48	44,93	14,98
<i>T3</i>	12,60	12,53	12,40	37,53	12,51
$\Sigma$	43,63	43,75	42,925	130,30	
<i>X</i>	14,54	14,58	14,31		

**Fuente:** Elaboración propia

De acuerdo al cuadro 29 de datos obtenidos del cultivo de lechuga cultivados en hidroponía medidos con regla en el cual se puede observar que la dosis alta obtuvo una media mayor que las demás con un valor de 15,95 que es la T1, seguido de la T2 el tratamiento de dosis media con un valor 14,98 y como último tratamiento esta la T3 con un valor de 12,51.

En la altura a comparación de otros resultados al momento de la cosecha en efecto son bajos a diferencia de que obtuvo alturas medias más altas, entre 21 cm a 29 cm de altura por planta (Quispe, 2015).

### 3.14.2 Anova de los datos de la altura en el cultivo de la lechuga

**Cuadro 30.** Anova de los datos de la altura en el cultivo de la lechuga

ANOVA						
<i>fuentes de variación</i>	gl	SC	CM	FC	FT	
<i>total</i>	8	19,60			1%	5%
<i>tratamientos</i>	2	18,88	9,44	63,88	13,3	5,79
<i>bloques</i>	2	0,13	0,07	0,45	13,3	5,79
<i>error</i>	4	0,59	0,14778			

**Fuente:** Elaboración propia

En el cuadro 24 se puede diferenciar claramente la fc es mayor que la ft, lo contrario de la fc cuenta con un valor de 2,49 al 1% y con un valor de 2,92 al 5% lo cual nos indica que hay diferencias significativas tanto en los tratamientos, pero no hay diferencias significativas en los bloques ya que la fc es menor que la ft.

### 3.14.3 Prueba de Duncan

**Cuadro 31.** Prueba de Duncan

<i>q</i>	3,64	3,75	3,80
<i>sx</i>	0,22	0,22	0,22
<i>ls</i>	0,81	0,83	0,84

	15,95	14,98
12,51	3,44	2,47
14,98	0,98	

<i>Duncan</i>		
	15,95	14,98
12,51	*	*
14,98	*	

<i>T1</i>	A
<i>T2</i>	B
<i>T3</i>	C

**Fuente:** Elaboración propia

Se puede ver que en la cuadro 31 en cuanto a la T1 que es la dosis alta se categoriza como el primer tratamiento en cuanto a la altura, seguido de la T2 que es la dosis media y como último fue la T3 que es el tratamiento de dosis baja.

#### Datos del número de hojas en la cosecha

**Cuadro 32.** Números de hojas

<i>TRAT</i>	<i>REPETICIONES</i>			$\Sigma$	<i>X</i>
	I	II	III		
<i>T1</i>	11,65	12,73	12,00	36,38	12,13
<i>T2</i>	11,43	11,85	11,45	34,73	11,58
<i>T3</i>	10,25	11,33	11,08	32,65	10,88
$\Sigma$	33,33	35,90	34,53	103,75	
<i>X</i>	11,11	11,97	11,51		

$S_x = 0,16$

**Fuente:** Elaboración propia

En cuanto al número de hojas se puede ver que los datos de la dosis media sobre salió observando las medias, también se puede diferenciar que la T1 que cuenta con un valor de 12,13 de promedio es el más alto, a diferencia de la T2 que viene siendo el tratamiento de dosis media con un valor de 11,58 muy diferente a la T3 que es como último tratamiento con un valor de 10,88.

En el conteo del número de hojas se obtuvo bajos niveles a diferencia de (Quispe, 2015) que obtuvo medias de 17 a 23 hojas como medias, mientras que en mi trabajo obtuve media de 10 a 12 hojas como medias.

### 3.15 Anova de los datos del número de hojas

**Cuadro 33.** Anova de los datos del número de hojas

<i>Anova</i>						
	gl	SC	CM	Fc	Ft	
<i>total</i>	8	3,67			1%	5%
<i>tratamientos</i>	2	2,32	1,16	19,27	13,3	5,79
<i>bloques</i>	2	1,11	0,55	9,18	13,3	5,79
<i>error</i>	4	0,24	0,06			

**Fuente:** Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 31 en datos se puede observar que en cuanto al número de hojas la fc muy diferente que la ft lo cual nos indica que en cuanto a los tratamientos hay diferencias significativas en cuanto a los bloques la fc a diferencia de ft que cuenta con valores distintos donde hay diferencias al 5% pero no al 1%.

#### 3.15.1 Prueba de Duncan

**Cuadro 34.** Prueba de Duncan

$S_x = 0,16$

<i>q</i>	3,64	3,75	3,80
<i>sx</i>	0,14	0,14	0,14
<i>ls</i>	0,52	0,53	0,54

	12,13	11,58
10,56	1,57	1,02
11,58	0,55	

<i>Duncan</i>		
	12,13	11,58
10,56	*	*
11,58	*	

<i>T1</i>	<i>a</i>
<i>T2</i>	<i>b</i>
<i>T3</i>	<i>c</i>

**Fuente:** Elaboración propia

De acuerdo al cuadro 34 en los datos se puede diferenciar que la T1 que es el tratamiento de dosis alta es el tratamiento que más relevancia tuvo en cuanto al número de hojas seguido de la T2 que es el tratamiento de dosis media y como último se puede contar con la T3 que es el último tratamiento.

### 3.15.2 Diámetro de la roseta en la cosecha

**Cuadro 35.** Diámetro de la roseta en la cosecha

TRAT	REPETICIONES			$\Sigma$	X
	I	II	III		
T1	27,35	27,975	27,425	82,75	27,58
T2	28,05	27,80	28,63	84,475	28,16
T3	22,95	22,23	22,58	67,75	22,58
$\Sigma$	78,35	78,00	78,625	234,975	
X	26,12	26,00	26,21		

**Fuente:** Elaboración propia

De acuerdo al cuadro 35 en cuanto al diámetro de la roseta en los datos de la media la T2 que es el tratamiento de dosis media es el tratamiento con el promedio de 28,16 más alto a diferencia de la T1 que es el tratamiento de dosis alta con un valor promedio de 27,58 y como ultimo la T3 que viene siendo el tratamiento de dosis baja con un valor de 22,58.

En el diámetro de la roseta están ligeramente bajo en cuanto a los resultados según que sus resultados fueron de entre 25 cm a 38 cm de diámetro de roseta lo cual son casi iguales ya que los diámetros de roseta medias son de 22 cm a 27 cm de diámetro obtenidos en mi trabajo (Ayala, 2019).

### 3.15.3 Anova de los datos del diámetro de la roseta

**Cuadro 36.** Anova de los datos del diámetro de la roseta

<i>Anova</i>						
	gl	SC	CM	Fc	Ft	
<i>total</i>	8	57,26			1%	5%
<i>tratamientos</i>	2	56,41	28,21	143,12	13,3	5,79
<i>bloques</i>	2	0,07	0,03	0,17	13,3	5,79
<i>error</i>	4	0,79	0,20			

**Fuente:** Elaboración propia

En el cuadro 36 en cuanto el diámetro de la roseta se puede verificar que hay diferencias significativas porque la fc en cuanto a los tratamientos es mayor a diferencia de la ft que es menor lo cual recalca que hay diferencias en cuanto a los tratamientos, pero no en los bloques ya que la fc es menor que la ft.

### 3.15.4 Prueba de Duncan

**Cuadro 37.** Prueba de Duncan

<i>q</i>	3,64	3,75	3,80
<i>sx</i>	0,26	0,26	0,26
<i>ls</i>	0,93	0,96	0,97

	28,16	27,58
22,58	5,58	5,00
27,58	0,58	

<i>Duncan</i>				
	28,16	27,58	<i>T2</i>	<i>a</i>
22,58	*	*	<i>T1</i>	<i>a</i>
27,58	NS		<i>T3</i>	<i>b</i>

**Fuente:** Elaboración propia

En el cuadro 37 una vez aplicado Duncan se puede verificar que tanto la T2 (dosis media) y la T1 (dosis alta) no tienen diferencias, a diferencia de la T3 hay diferencia por que se encuentra debajo de los otros dos tratamientos.

### 3.16 Altura de la Raíz (cm) en la cosecha

**Cuadro 38.** Altura de la Raíz

<i>TRAT</i>	<i>REPETICIONES</i>			$\Sigma$	<i>X</i>
	I	II	III		
<i>T1</i>	22,10	24,65	24,13	70,88	23,63
<i>T2</i>	23,675	24,18	22,10	69,95	23,32
<i>T3</i>	21,75	20,53	21,28	63,55	21,18
$\Sigma$	67,53	69,35	67,5	204,38	
<i>X</i>	22,51	23,12	22,50		

**Fuente:** Elaboración propia

En el cuadro 38 los datos obtenidos de la altura de raíz lo cual es relevante ya que mientras más raíz tenga más vigorosa será la planta de las cuales la T1 es la que cuenta con un valor promedio más alto con 23,63 que es el tratamiento de dosis alta seguido de la T2 que es el tratamiento de dosis media con un valor promedio de 23,32 y como último la T3 que es el tratamiento de dosis baja con un valor promedio de 21,18

En la altura de la raíz se obtuvo alturas bastantes favorables a diferencia que obtuvieron media de 11 cm a diferencia de mi trabajo que obtuve resultados de 21 cm a 23 cm de altura (Chacha, 2020).

**Cuadro 39.** Anova de los datos de la altura de la raíz en la cosecha

<i>Anova</i>						
	gl	SC	CM	Fc	Ft	
<i>total</i>	8	17,34			1%	5%
<i>tratamientos</i>	2	10,61	5,30	3,55	13,3	5,79
<i>bloques</i>	2	0,75	0,38	0,25	13,3	5,79
<i>error</i>	4	5,98	1,50			

**Fuente:** Elaboración propia

De acuerdo al cuadro 39 una vez que se analizó en el anova los datos de la altura de la raíz se puede observar o demostrar que en cuanto a los tratamientos la fc es menor que el ft de lo cual podemos deducir que no hay diferencias significativas en los tratamientos.

Análisis de costo beneficio:

	T1	T2	T3
beneficio	6480,00	5400,00	4320,00
costos totales	5139,99	4876,19	4932,85
beneficio/costo	1,30	1,15	0,99

De acuerdo al análisis de costo beneficio el T1 (dosis alta) el costo beneficio es  $> 1$  lo cual podemos afirmar que por cada lbs invertido ganaremos 1,30 bs, en el T2 (dosis media) el costo beneficio  $> 1$  lo cual se puede afirmar que por cada lbs invertido ganaremos 1,15 bs y como ultimo tenemos al T3 (dosis alta), el costo beneficio  $< 1$  lo cual podemos afirmar que por cada 1 bs invertido perdemos ya que no se llega ni a recuperar lo invertido.

**CAPÍTULO IV**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

De acuerdo a los objetivos señalados y resultados obtenidos, luego de haber hecho el respectivo análisis e interpretación se llegó a las siguientes conclusiones:

- La dosis que tuvo mejor comportamiento en el sistema hidropónico de tipo NFT y estudiando las variables de: peso de la planta, altura de la planta, conteo de numero de hojas, diámetro de la roseta y altura de la raíz se puede afirmar que el cultivo de la lechuga tuvo una gran adaptación.
- En cuanto a los tipos de dosis alta, media y baja, se puede determinar que la dosis que más sobresalió fue la dosis alta, seguido de la dosis media y por último la dosis baja.
- En cuanto a la hoja costo beneficio se puede afirmar y evidenciar que puede cubrir los gastos aplicados en la producción de lechuga hidropónica lo cual afirma que la producción es viable y así mismo se pueden recuperar los costos de la instalación del invernadero, sistema hidropónico y herramientas requeridas.

## 4.2. Recomendaciones

- Se recomienda que cuando las plantas alcancen un tamaño uniforme en un sistema de hidroponía se debe tener más cuidado con el tanque de almacenamiento de nutrientes, manteniendo el mismo siempre arriba de la mitad de solución para no generar un vacío.
- Verificar el TIMER se debe tener en cuenta que si hay apagones de luz puede ser que se desconfigure los horarios y eso afecta a la hora de que bombee el agua con los fertilizantes necesarios para las plantas.
- Cuando las plantas estén adultas tomar en cuenta la circulación de la solución nutritiva por las tuberías, ya que las raíces al aumentar de volumen obstruyen la circulación normal de la solución.
- Se recomienda que, para futuros trabajos de investigación en sistema de hidroponía bajo invernadero, tomar en cuenta la época, ya que si se lo realiza en verano se elevan mucho las temperaturas dentro del invernadero, lo que puede afectar en gran manera el desarrollo de la planta.