

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**“EVALUACIÓN DE RESPUESTAS DEL CULTIVO DE DOS VARIEDADES DE LECHUGAS, *Lactuca sativa* L, UTILIZANDO TRES SOLUCIONES NUTRITIVAS BAJO CONDICIONES HIDROPONICAS MEDIANTE EL SISTEMA DE FLUJO LAMINAR DE NUTRIENTES NFT”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**  
Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

**CARDENAS YNGA, KATERHINE WENDY**

**Villa El Salvador  
2019**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres, por haber sido excelentes personas y así haberme brindado la oportunidad de cumplir mi deseo de estudiar la carrera que amo.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar a Dios, que siempre me cuida y guía por el buen camino y por darme la fuerza, paciencia y sabiduría necesaria para el desarrollo de la presente investigación.

A mis padres por ser quienes me impulsan a ser mejor cada día.

A mi Universidad por haberme brindado a través del conocimiento nuevas oportunidades.

A mi asesor por guiarme en el desarrollo del trabajo de investigación.

A mis amigos de “Kallpa Wasi”, por haberme brindado el apoyo y la oportunidad de desarrollar mi trabajo de titulación en sus instalaciones.

A la persona especial que estuvo conmigo en todo el proceso del presente trabajo de investigación.

## INDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	9
<b>CAPÍTULO I</b> .....	10
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	10
1.1. Descripción de la realidad problemática .....	10
1.2. Justificación del Problema.....	11
1.3. Delimitación del proyecto.....	11
1.3.1. Teórica .....	11
1.3.2. Temporal.....	11
1.3.3. Espacial.....	11
1.4. Formulación del problema .....	13
1.4.1. Problema General.....	13
1.4.2. Problemas Específicos.....	13
1.5. Objetivos.....	13
1.5.1. Objetivo General.....	13
1.5.2. Objetivos Específicos.....	14
<b>CAPÍTULO II</b> .....	15
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	15
2.1. Antecedentes.....	15
2.1.1. Antecedentes Internacionales .....	15
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	17
2.2. Bases Teóricas .....	19
2.2.1. Hidroponía.....	19
2.2.2. Flujo Laminar de Nutrientes NFT ( <i>Nutrient Film Technique</i> ).....	25
2.2.3. Nutrientes requeridos por las plantas.....	28
2.2.4. Cultivo de lechuga.....	31

2.2.5.	Solución Nutritiva .....	36
<b>CAPÍTULO III</b>	.....	<b>42</b>
<b>DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL</b>	.....	<b>42</b>
3.1.	Modelo de solución propuesto .....	42
3.1.1.	Lugar de ejecución .....	42
3.1.2.	Recursos a emplear .....	43
3.1.3.	Procedimientos .....	45
3.1.4.	Tratamientos a evaluar.....	63
3.1.5.	Población y muestra.....	64
3.1.6.	Técnica de recolección de datos.....	64
3.2.	Resultados.....	65
3.2.1.	Datos obtenidos .....	65
3.2.2.	Análisis ANOVA para la altura .....	66
3.2.3.	Análisis ANOVA para variedad de lechuga .....	71
3.2.4.	pH y Conductividad Eléctrica (CE) promedio .....	74
3.2.5.	Rendimiento de las lechugas por tratamiento en función al peso 76	
3.2.6.	Análisis Beneficio/Costo.....	77
<b>CONCLUSIONES</b>	.....	<b>81</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	.....	<b>83</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	.....	<b>84</b>
<b>ANEXOS</b>	.....	<b>88</b>

## LISTADO DE ANEXOS

<b>Anexo N°1.</b> Armado de la estructura hidropónica. ....	88
<b>Anexo N°2.</b> Instalación eléctrica del timer en el sistema. ....	88
<b>Anexo N°3.</b> Crecimiento de las plántulas de lechugas en el almaciguero. ....	89
<b>Anexo N°4.</b> Retiro de las plántulas de lechuga de la almaciguera. ....	89
<b>Anexo N°5.</b> Trasplante de las plántulas de lechuga a los vasos hidropónicos. ....	89
<b>Anexo N°6.</b> Sistema hidropónico culminado. ....	90
<b>Anexo N°7.</b> Preparación de la Solución Nutritiva A y B de la UNALM. ....	90
<b>Anexo N°8.</b> Preparación de la Solución Nutritiva A y B de Smart Farm Perú. ....	90
<b>Anexo N°9.</b> Preparación de la Solución Nutritiva A y B de la FAO. ....	91
<b>Anexo N°10.</b> Control de la CE (conductividad eléctrica) y pH de la solución nutritiva preparada. ....	91
<b>Anexo N°11.</b> Control de crecimiento de las lechugas. ....	91
<b>Anexo N°12.</b> Guiado al público sobre el proyecto hidropónico. ....	92
<b>Anexo N°13.</b> Control de peso de las lechugas. ....	92
<b>Anexo N°14.</b> Estado final de las lechugas monitoreadas. ....	92
<b>Anexo N°15.</b> Cosecha de las lechugas hidropónicas. ....	93
<b>Anexo N°16.</b> Preparación de las lechugas hidropónicas. ....	93
<b>Anexo N°17.</b> Presupuesto. ....	94
<b>Anexo N°18.</b> Cronograma de actividades. ....	98

## LISTADO DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Ventaja de cultivo sin suelo sobre cultivo en suelo. ....	21
<b>Tabla 2.</b> Desventajas de los cultivos hidropónicos. ....	22
<b>Tabla 3.</b> Clasificación taxonómica de la lechuga. ....	32
<b>Tabla 4.</b> Síntomas por deficiencias nutricionales. ....	34
<b>Tabla 5.</b> Elementos minerales esenciales para las plantas. ....	36
<b>Tabla 6.</b> Sales fertilizantes utilizadas en hidroponía. ....	37
<b>Tabla 7.</b> Contenido de la solución nutritiva concentrada UNALM. ....	51
<b>Tabla 8.</b> Contenido de la solución nutritiva concentrada FAO. ....	53
<b>Tabla 9.</b> Contenido de la solución nutritiva concentrada de Smart Farm Perú. ....	56

<b>Tabla 10.</b> Costo de las Soluciones Nutritivas.....	58
<b>Tabla 11.</b> Descripción de tratamientos a evaluar.....	63
<b>Tabla 12.</b> Datos obtenidos.....	65
<b>Tabla 13.</b> Datos de altura de Lactuca sativa L. variedad orgánica. ....	67
<b>Tabla 14.</b> Datos de altura de Lactuca sativa L. variedad americana. ....	69
<b>Tabla 15.</b> Registro del pH y CE .....	74
<b>Tabla 16.</b> Rendimiento de las lechugas en función al peso.....	76
<b>Tabla 17.</b> Flujo de Caja económico de la S.N UNALM. ....	77
<b>Tabla 18.</b> Flujo de Caja económico de la SN FAO .....	78
<b>Tabla 19.</b> Flujo de Caja Económico de SN SFP .....	79

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del proyecto hidropónico .....	12
Figura 2. Esquema de un sistema hidropónico. ....	20
Figura 3. Cultivo en sustrato. ....	23
Figura 4. Esquema hidropónico de Raíz Flotante. ....	24
Figura 5. Sistema hidropónico NFT.....	26
Figura 6. Precio promedio de la lechuga americana. ....	34
Figura 7. Volumen de lechugas americanas que ingresan a los mercados de Lima Metropolitana.....	34
Figura 8. Imagen satelital de ubicación.....	42
Figura 9. Siembra de semillas de lechuga. ....	45
Figura 10. Germinación de las lechugas.....	46
Figura 11. Riego de los almácigos con solución hidropónica.....	46
Figura 12. Almácigos de la primera y segunda siembra. ....	47
Figura 13. Estructura de fierro.....	48
Figura 14. Construcción de los tubos hidropónicos.....	48
Figura 15. Pintado de los tubos antes de la instalación. ....	49
Figura 16. Esquema de los tres sistemas hidropónicos .....	50
Figura 17. Mediciones de la solución A y B de la UNALM. ....	52
Figura 18. Preparación de la solución nutritiva de UNALM. ....	53
Figura 19. Elaboración de la Solución concentrada de la FAO.....	54

Figura 20. Mediciones de la solución A y B de la FAO.....	55
Figura 21. Preparación de la solución nutritiva de la FAO. ....	56
Figura 22. Mediciones de la solución nutritiva de Smart Farm P. ....	57
Figura 23. Preparación de la solución nutritiva de Smart Farm P. ....	58
Figura 24. Preparación de las lechugas antes del trasplante.....	59
Figura 25. Lechuga en las canastas hidropónicas. ....	60
Figura 26. Lechugas orgánicas trasplantadas.....	60
Figura 27. Lechugas americanas trasplantadas.....	61
Figura 28. Registró interdiario del crecimiento de las lechugas. ....	62
Figura 29. Comparación de pH. ....	75
Figura 30. Comparación de C.E.....	75

### LISTADO DE GRÁFICAS

<b>Gráfica 1.</b> Gráficas de residuos para Crecimiento.....	68
<b>Gráfica 2.</b> Gráfica de residuos para crecimiento. ....	71
<b>Gráfica 3.</b> Gráficas de residuos para altura.....	73

### LISTADO DE SIGLAS

**FAO:** Food and Agriculture Organization

**NFT:** Nutrient Film Technique - Flujo Laminar De Nutrientes

**SFP:** Smart Farm Perú

**UNALM:** Universidad Nacional Agraria La Molina

**UNTELS:** Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur



## INTRODUCCIÓN

La hidroponía, es una técnica de cultivo conocida para la producción de hortalizas de manera práctica, ya que puede realizarse aprovechando al máximo espacios reducidos. Esta técnica se puede considerar como la tecnología de cultivo a futuro, ya que cada vez la contaminación es mayor por diferentes factores y en un futuro no muy lejano es muy probable no encontrar tierra adecuada para cultivo.

Es un método donde las hortalizas reciben una adecuada nutrición para su desarrollo, consistiendo en mantener las raíces de las plántulas sumergidas en una solución que contiene los minerales necesarios para su desarrollo. Existen diferentes técnicas hidropónicas, entre estas se encuentran el Sistema NFT (Solución Nutritiva Recirculante), se basa en la recirculación constante de la solución nutritiva, la cual moja las raíces de las hortalizas aportándoles nutrientes y oxígeno durante su crecimiento.

La producción de lechuga, *Lactuca sativa L.*, tiene importancia en nuestro país sobre todo en la Costa Central debido a las buenas condiciones que se presentan para su cultivo. Es una de las hortalizas más conocidas sobre todo la variedad orgánica y americana que son las que tienen mayor demanda por su precio módico en los mercados y su consumo mayormente es en la época de verano. Por este motivo, actualmente existen diferentes empresas agronómicas que utilizan técnicas hidropónicas para la producción de lechuga, utilizando diferentes sistemas hidropónicos que les permitan tener mayor producto en menor tiempo.

Por estas razones la presente investigación consiste en evaluar la respuesta del cultivo de lechuga, *Lactuca sativa L.*, de las variedades orgánica y americana, utilizando tres soluciones nutritivas UNALM, FAO y Smart Farm Perú bajo condiciones hidropónicas mediante el sistema de flujo laminar de nutrientes NFT y determinar cuál de las tres soluciones nutritivas es la más óptima para cada una de las variedades de lechuga ya descritas.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

En la actualidad nuestro país es conocido por tener muchas tierras ricas en nutrientes, con mucha flora y fauna; sin embargo, también existe diversos lugares en donde la disponibilidad de tierra bajo riego es escasa, principalmente en zonas contaminadas, o suelos en donde han sido duramente explotados por diversas actividades económicas, por ello se encuentran pobres de nutrientes por la pérdida de la biodiversidad en el suelo.

Debido a este problema, desde hace mucho tiempo se han realizado varios proyectos de investigación para generar oportunidades de producir diversas hortalizas en sustratos apropiados y con un suministro de nutrientes en forma adecuada, los cuales permitan que las hortalizas u otros vegetales puedan desarrollarse de manera natural a pesar de estar en zonas no apropiadas para la agricultura o que no sean muy extensas.

Uno de los proyectos con diversos estudios de investigación y mayor aceptación es la “Hidroponía”, ya que se puede realizar en lugares no aptos para la agricultura o en lugares con poco espacio, además las hortalizas que se desarrollan mediante este sistema tienen un desarrollo más rápido a comparación de un sistema convencional.

## **1.2. Justificación del Problema**

El desarrollo del presente proyecto se justifica ya que la hidroponía es una técnica sencilla y eficaz que se puede realizar en diferentes lugares, solo necesita tener las condiciones óptimas para desarrollarse.

Es un método muy empleado para espacios donde no existe suelos con nutrientes necesarios para cultivo o en lugares con espacios reducidos, en donde se desarrollan diferentes especies de hortalizas en un menor tiempo a comparación de un sistema de agricultura tradicional.

El presente proyecto contribuirá mucho en el lugar donde se ejecutará, debido a que “Kallpa Wasi”, lugar de desarrollo del proyecto, es un parque de casa ecológica donde se desarrolla diferentes proyectos ambientales con el fin de ser replicados para contribuir con la investigación a nivel escolar o universitario; también recibe a los vecinos del mismo distrito, San Borja, donde se puede replicar en sus domicilios para que tengan la ventaja de generar especies orgánicas y no solo contribuir con el ambiente sino también con su alimentación.

## **1.3. Delimitación del proyecto**

### **1.3.1. Teórica**

El Proyecto de Ingeniería se centrará en elaborar tres Sistemas Hidropónicos con la “Técnica de la Película de Nutrientes, NFT (*Nutrient Film Technique*) por sus siglas en inglés, y comparar tres soluciones nutritivas distintas para evaluar la efectividad de estas en dos variedades de lechugas *Lactuca Sativa* (variedad de lechuga orgánica y americana).

### **1.3.2. Temporal**

Periodo comprendido de febrero hasta mayo de 2019.

### **1.3.3. Espacial**

El Proyecto de Ingeniería se llevó a cabo en las instalaciones del Parque Ecológico Kallpa Wasi, ubicado en Avenida Buena Vista cuadra 3, San Borja – Lima, Lima, Perú. Ver figura 1: mapa de ubicación.

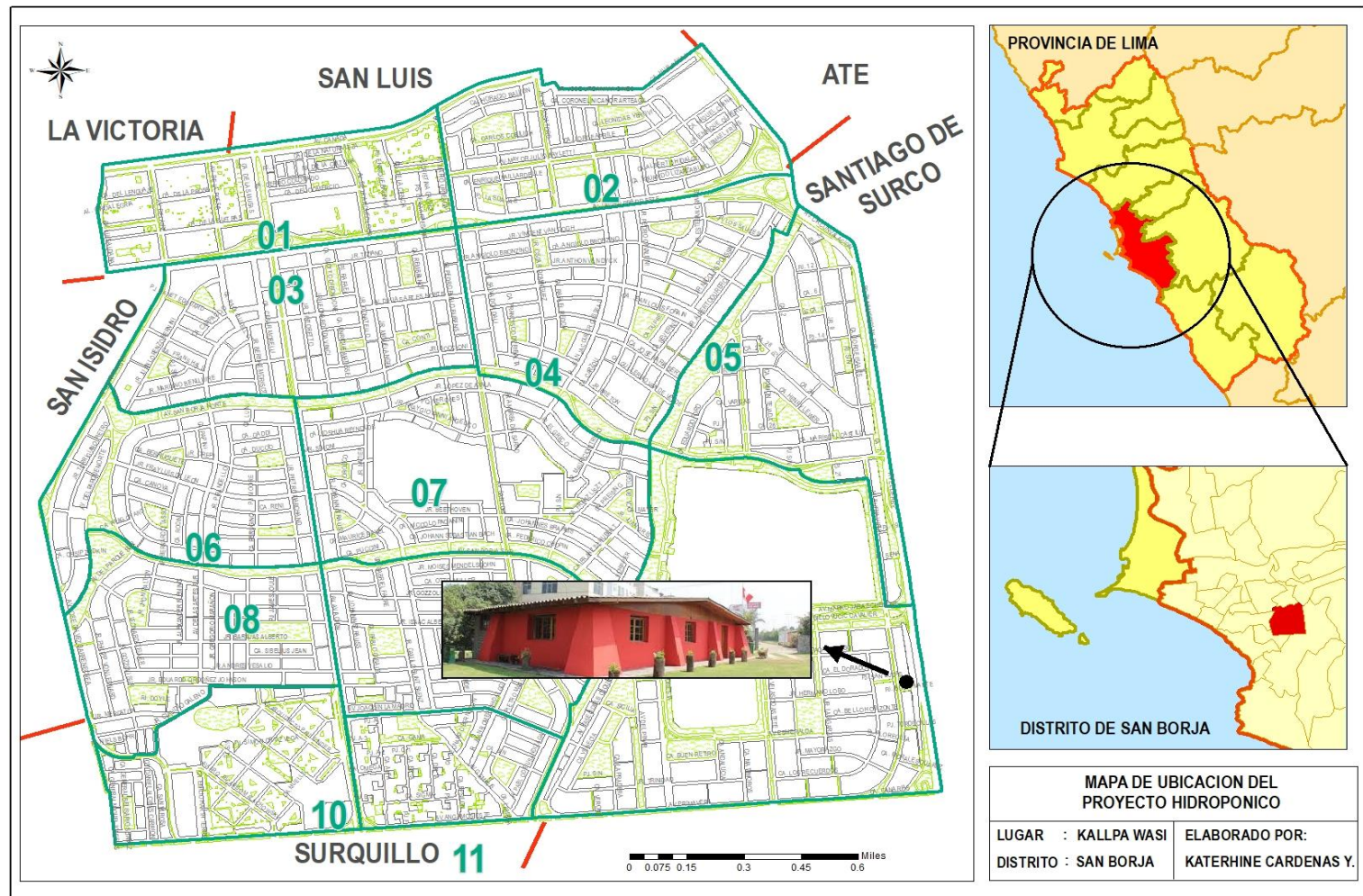


Figura 1. Mapa de ubicación del proyecto hidropónico

Fuente. ArcGis 10.5, elaboración propia.

## **1.4. Formulación del problema**

### **1.4.1. Problema General**

¿Cuál será la respuesta del cultivo de las dos variedades de lechuga, *Lactuca sativa L.*, utilizando tres soluciones nutritivas bajo condiciones hidropónicas mediante el sistema de Flujo Laminar de Nutrientes NFT?

### **1.4.2. Problemas Específicos**

- ¿Cuál será la solución nutritiva más óptima para el cultivo de cada una de las dos variedades de lechugas, *Lactuca sativa L.*, bajo condiciones hidropónicas mediante el sistema de Flujo Laminar de Nutrientes NFT?
  
- ¿Cuál de las dos variedades de lechugas, *Lactuca sativa L.*, cultivadas obtiene un mayor desarrollo de crecimiento bajo condiciones hidropónicas mediante el sistema de Flujo Laminar de Nutrientes NFT, independientemente del tipo de solución nutritiva?
  
- ¿Cuál será el mejor rendimiento, basado en el peso del cultivo de las dos variedades de lechuga, *Lactuca sativa L.*, utilizando tres soluciones nutritivas bajo condiciones hidropónicas mediante el sistema de Flujo Laminar de Nutrientes NFT?
  
- ¿Cuál será la viabilidad del proyecto del cultivo de las dos variedades de lechuga, *Lactuca sativa L.*, utilizando tres soluciones nutritivas bajo condiciones hidropónicas mediante el sistema de Flujo Laminar de Nutrientes con fines de promover la agricultura urbana?

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General.**

Evaluar la respuesta del cultivo de dos variedades de lechuga, *Lactuca sativa L.*, utilizando tres soluciones nutritivas para su producción bajo condiciones hidropónicas mediante el sistema de Flujo Laminar de Nutrientes NFT.

### 1.5.2. Objetivos Específicos

- Determinar la mejor solución nutritiva para el cultivo de cada una de las dos variedades de lechugas, *Lactuca sativa L.*, bajo condiciones hidropónicas mediante el sistema de Flujo Laminar de Nutrientes NFT.
- Identificar cuál de las dos variedades de lechugas, *Lactuca sativa L.*, cultivadas obtiene un mayor desarrollo de crecimiento bajo condiciones hidropónicas mediante el sistema de Flujo Laminar de Nutrientes NFT, independientemente del tipo de solución nutritiva.
- Determinar el mejor rendimiento, basado en el peso, del cultivo de las dos variedades de lechuga, *Lactuca sativa L.*, utilizando tres soluciones nutritivas bajo condiciones hidropónicas mediante el sistema de Flujo Laminar de Nutrientes.
- Evaluar la viabilidad del proyecto del cultivo de las dos variedades de lechuga, *Lactuca sativa L.*, utilizando tres soluciones nutritivas bajo condiciones hidropónicas mediante el sistema de Flujo Laminar de Nutrientes con fines de promover la agricultura urbana.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

Para la realización de este trabajo; se encontraron las siguientes investigaciones, trabajos de grado y tesis; que tienen relación o aproximación con el tema de producción de lechuga en sistemas hidropónicos utilizando diferentes soluciones nutritivas. Dentro de los cuales destacamos los siguientes:

##### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

Rodríguez D. (2018), desarrolló su investigación sobre la *Comparación de dos técnicas hidropónicas, flujo laminar de nutrientes y raíz flotante para la producción de lechuga (Lactuca sativa L.) en el Centro Experimental de Cota Cota*, (tesis de pregrado) en la Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia; su investigación le permitió determinar cuál de las dos técnicas hidropónicas es la de mejor rendimiento para el cultivo de lechuga. También evaluó cuál de las dos densidades tiene mayor rendimiento en el cultivo. En su trabajo de investigación llegó a las siguientes conclusiones:

- i. La densidad y la técnica de producción no influyen significativamente en el número de hojas de la variedad Whithe Boston.
- ii. El área foliar sí es muy influenciada por la técnica de producción, mientras que con técnica de raíz flotante presenta mayor ganancia en área promedio por hoja con 78.1 cm<sup>2</sup>, en la técnica NFT (Nutrient Film Technique) presenta un promedio de 74.73 cm<sup>2</sup>; esta variable de área foliar también está influenciado por la densidad, es decir, la distancia entre plantas que permite una mayor recepción de luz.
- iii. El diámetro de cuello también se vio influenciada por la técnica de producción, con la técnica de raíz flotante presentó un mayor diámetro a comparación de la otra técnica NFT, esto se debe a una mayor ganancia de peso y área foliar lograda, por una mayor recepción de luz por la distribución horizontal de la técnica en comparación con la NFT con una distribución en pirámide.
- iv. El autor recomienda que al utilizar un sistema NFT en pirámides se debe ubicar el módulo adecuadamente, generalmente el largo de la pirámide debe estar de este a oeste para tener mayor cantidad de horas luz posible para la planta.

Cajo A. (2016), desarrolló su investigación sobre la *Producción hidropónica de tres variedades de lechuga (Lactuca sativa L.), bajo el sistema NFT (Nutriente Film Technique), con tres soluciones nutritivas* (proyecto de investigación) en la Universidad Técnica de Ambato, Cevallos, Colombia.; su investigación le permitió obtener las siguientes conclusiones:

- i. Determinar que la aplicación de solución S3, el cual contenía (N:96, P: 40, K: 80, Ca: 40, Mg: 16, S:4.8 , Fe:4 ,Cu: 0.02, Zn:0.32, Mn:0.4 , Mo:0.004, B:0.30, Co: 0,40ppm) en las variedades V2 (*LolloRossa*) y V3 (*Salad Bowl*) han tenido buenos promedios en la longitud de sus hojas a los 50 días, sin



embargo al avanzar los días de cultivo los tratamientos S2V2 y S2V3 produjeron una mayor longitud de hojas a los 80 días.

- ii. La variedad V3 (Salad Bowl) es la de mejor rendimiento. Se le aplicó las soluciones S2 (N: 120, P: 50, K: 100, Ca: 50, Mg: 20, S:6, Fe:5, Cu: 0.02, Zn:0.40, Mn:0.50, Mo:0.005, B:0.40, Co: 0.50 ppm).
- iii. Determinó que los que tuvieron la solución 3, alcanzaron la mayor relación beneficio costo equivalente a 1,58 que indica una ganancia del 58%.

Cruz A. (2016), desarrolló su investigación sobre la *Evaluación de tres variedades de cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.) en dos sistemas de hidroponía bajo ambiente semi controlado en el centro experimental Chocloca* (Trabajo de investigación) en la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. El objetivo del trabajo se basó en la evaluación de 3 variedades de lechuga (Great Lakes, White Boston y Grand Rapids Tbr) bajo dos sistemas hidropónicos (sistema de riego recirculante y sistema raíz flotante). Su investigación permitió obtener las siguientes conclusiones:

- i. Determinar la variedad de lechuga con mayor rendimiento, el cual fue la Great Lakes alcanzando un 20% y 27% más que Grand Rapids Tbr y White Boston respectivamente.
- ii. Las variedades de lechugas estudiadas no mostraron diferencia estadística en relación al largo de la raíz en el sistema hidropónico "NFT".

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales.**

El trabajo de Cueva M., Castañeda F., Guerrero N., Marreros K., Navarrete K., Urteaga E. & Vidal D. (2018), se trató sobre la *Implementación de huerto hidropónico en vivienda Asentamiento Humano Torres de San Borja – Moche – La Libertad* (Proyecto de investigación) de la Universidad Privada del Norte, Moche, La Libertad. El proyecto contiene el principal objetivo de enseñar a la población la adecuada siembra en agua para así aprendan a

generar su propio autoconsumo y a la vez comercializarlo como productos orgánicos., el cual llevó la siguiente conclusión principal:

- i. Se logró convencer a la comunidad que la siembra de hidropónica sirve como un modelo de negocio rentable, sostenible y fácil de realizar.

Catata L. (2015) desarrolló su investigación sobre *Comparativo de Variedades de Lechuga (Lactuca sativa L.) y soluciones nutritivas en cultivo hidropónico, en sistema "NFT" tipo piramidal, bajo condiciones de invernadero en Arequipa* (tesis de pre grado), en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Yanahuara, Arequipa; teniendo los siguientes puntos como objetivos: determinar el rendimiento y calidad de las tres variedades de lechugas estudiadas (Waldmans Green, Hardy y Bonita) y determinar la mejor solución nutritiva utilizando un sistema NFT, para la comparación de los resultados utilizó el análisis de varianza (ANOVA). Al finalizar el trabajo de investigación llegó a las siguientes conclusiones:

- i. La solución nutritiva que permitió desarrollar mejor en altura fue con La Molina a comparación con la de Hoagland.
- ii. Con la variedad que se obtuvo mayor altura fue con Waldmans Green, seguida de la variedad Bonita y finalmente de la variedad Hardy.
- iii. La solución nutritiva que demostró ser la óptima fue la Molina y la mejor variedad Bonita.
- iv. La rentabilidad neta fue con la variedad Bonita que alcanzo 0,66 g. (66%).

Morocho O. (2014), quien desarrollo su trabajo de investigación titulado *Evaluación del cultivo de la lechuga (Lactuca sativa L.) Variedad Boston asociado con Azolla spp más guano de isla en cultivo hidropónico en el distrito de Lircay Angaraes – Huancavelica* (tesis de pre grado), en la Universidad Nacional de Huancavelica. El presente trabajo de investigación ha tenido los

siguientes objetivos: determinar el incremento del cultivo de lechuga como efecto de la incorporación de Azolla más guano; establecer el tiempo de producción de la lechuga como efecto de la incorporación de la Azolla y el guano. Al finalizar la investigación, el autor concluyó en lo siguiente:

- i. El uso de la Azolla para un sistema de hidroponía con siembras de lechuga permite la obtención de buenas cosechas a un tiempo de 55 días después del trasplante, sin la necesidad de utilizar fertilizantes.
- ii. El guano, según la investigación, no tiene efectos deseables como fuente de nutrientes para la producción de lechugas en un sistema hidropónicas.
- iii. El sistema hidropónico tiene un manejo similar al convencional, es por ello que se le debe de brindar todo el medio para este sistema, lo cual involucran diferentes costos. Los principales costos son las soluciones hidropónicas, ya que estas son las que brindaran a las plantas los macros y micro nutrientes necesarios.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Hidroponía**

Según Hydro Environment (2008) en su página nos indica:

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

La hidroponía es una técnica muy conocida que sustituye al suelo, cuando al medio se le da las condiciones necesarias para que la planta pueda desarrollarse.

Al utilizar esta tecnología, las raíces absorben una solución de nutrientes disuelta en agua que cumple con todos los requisitos necesarios para el

desarrollo de las plantas. Además, favorece el desarrollo de más plantas ya que ocupa la totalidad del espacio, a comparación de una agricultura tradicional.

“...El esquema consiste en una fuente de agua que impulsa por bombeo agua a través del sistema, recipientes, etc., con soluciones madre es decir nutrientes concentrados, cabezales de riego y canales construidos donde están los sustratos o agua, las plantas, los conductos para aplicación del fertiriego y el receptor del efluente.” Pérez (1974).

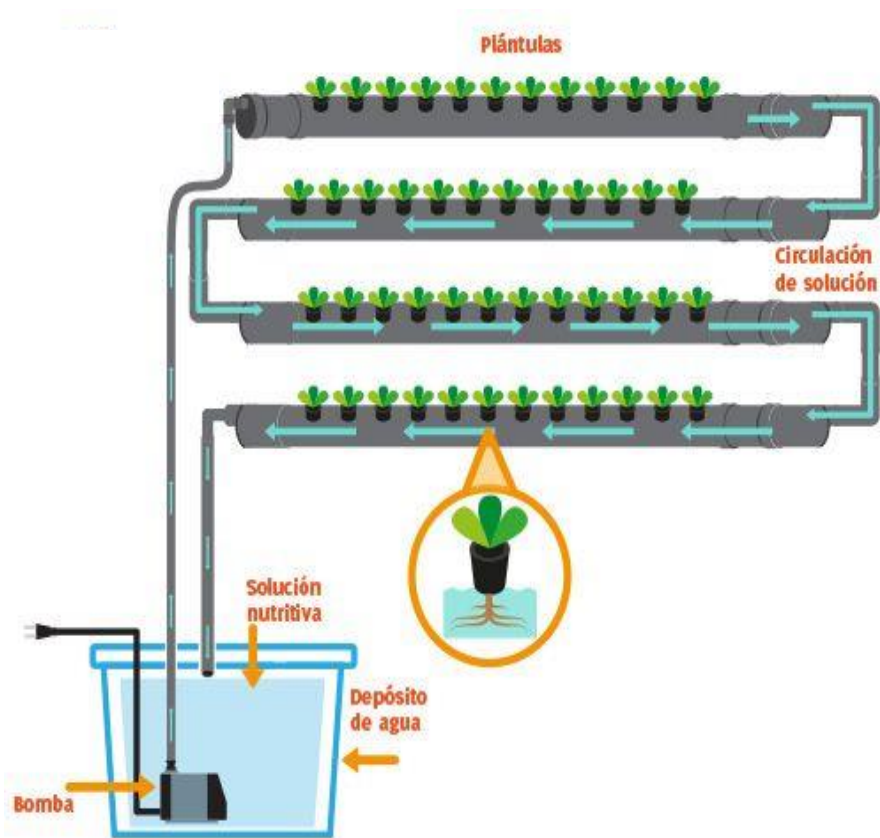


Figura 2. Esquema de un sistema hidropónico.

**Fuente.** Cosechando Natural, 2017

### i. Ventajas de cultivos hidropónicos

Existen muchas ventajas de los cultivos hidropónicos a comparación de los cultivos tradicionales. En la tabla 1 se explica las Ventajas de cultivo sin suelo sobre cultivo en suelo. (Hydro Environment, 2008)

**Tabla 1.** Ventaja de cultivo sin suelo sobre cultivo en suelo.

CARACTERÍSTICAS ESENCIALES	SOBRE SUELO	SIN SUELO
<b>Nutrición de la planta</b>	Es difícil controlar debido a su variabilidad por el medio ambiente	Se tiene estabilidad permitiendo monitorear y corregir.
<b>Espaciamiento</b>	Se limita su fertilidad y la densidad de plantación es menor.	Altas densidades y mayor aprovechamiento de espacio y luz.
<b>Control de maleza</b>	Se tiene mayor presencia de malezas.	Disminuye la población y resultan casi inexistentes.
<b>Enfermedades y patógenos en el suelo</b>	Son propensas a enfermedades producidas por el suelo.	No existen patógenos debido a que se sustituyó el suelo.
<b>Agua</b>	Tiende a un estrés hídrico debido que, aunque el suelo tenga agua no está disponible en su totalidad.	No existe tal estrés ya que las técnicas hidropónicas tienen siempre disponible el agua

**Fuente.** Hydro Environment, 2008.

Por otra parte, Castillo (2001), explica las ventajas de los cultivos hidropónicos, los cuales en la actualidad han tomado mucha importancia:

- a. Cultivos libres de parásitos, bacterias, hongos y contaminación.
- b. Reducción de costos de producción y rápida recuperación de la inversión inicial.
- c. Evita la contaminación de los recursos naturales y se evita la utilización de maquinaria agrícola (tractores, rastras, etcétera).

- d. Producir cosechas en contra estación y precocidad en los cultivos.
- e. Ahorro de agua, fertilizantes, plaguicidas, etc.
- f. Mayor limpieza e higiene en el manejo del cultivo.
- g. Alto porcentaje de automatización
- h. Se puede cultivar en lugares donde la agricultura es difícil.

## ii. Desventajas de los cultivos hidropónicos

Algunas de las desventajas de los cultivos hidropónicos se explican en la tabla 2. (Gilsanz, 2007).

**Tabla 2.** *Desventajas de los cultivos hidropónicos.*

DESVENTAJAS	DESCRIPCIÓN
Costo inicial alto	Presentan un costo inicial alto debido a las inversiones a realizar, esto variará dependiendo del sistema elegido y del control que se quiere realizar del ambiente de crecimiento. Por ejemplo, si se desea controlar la temperatura, humedad, y luz del lugar de crecimiento del cultivo, se tendrá mayor inversión en equipos.
Se requiere conocimiento de fisiología y nutrición	Este tipo de producciones demanda una mayor especialización del productor, ya que requiere un mayor conocimiento respecto al funcionamiento del cultivo y la nutrición de este.
Desbalances nutricionales causan inmediato efecto en el cultivo.	Al no existir suelo se pierde la capacidad buffer frente a alteraciones en el suministro de nutrientes, es por ello que de forma inmediata se presentan los síntomas tanto de excesos como de déficits nutricionales.
Se requiere agua de buena calidad.	En los sistemas hidropónicos se requiere agua de buena calidad, libre de contaminantes y excesivas sales, con un pH cercano a la neutralidad.

**Fuente.** Gilsanz, 2007

### iii. Técnicas hidropónicas

Rodriguez (como se citó en Reyes, 2009). Manifestó que existen diferentes tipos de sistemas hidropónicos, desde los más simples, hasta los más sofisticados y completamente automatizados. Entre algunas de estas técnicas se tiene:

#### a. Cultivo en sustrato:

El Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral (CIHNM) (s.a), de la Universidad Nacional Agraria La Molina, describe que el sistema de sustrato difiere al cultivo en agua en que las raíces de las plantas se desarrollan sobre un medio sólido que sirve principalmente de soporte a las plantas, estos pueden ser perlita, roca fosfórica, arena, aserrín, tezontle, arena, grava, vermiculita, etc, que le proporcionan a la planta las condiciones necesarias de oxígeno y humedad para su desarrollo.

El sustrato debe suministrar a las raíces el agua y los nutrientes necesarios a través de soluciones nutritivas para el desarrollo de las plantas y el aire suficiente para la respiración de las raíces. De allí la importancia para mantener un equilibrio entre la cantidad de agua y aire disponible. Ver figura 3.

En este tipo de sistema se pueden cultivar una gran diversidad de plantas, como hortalizas de hojas, de frutos, de raíces, plantas aromáticas, plantas ornamentales, frutales, etc.

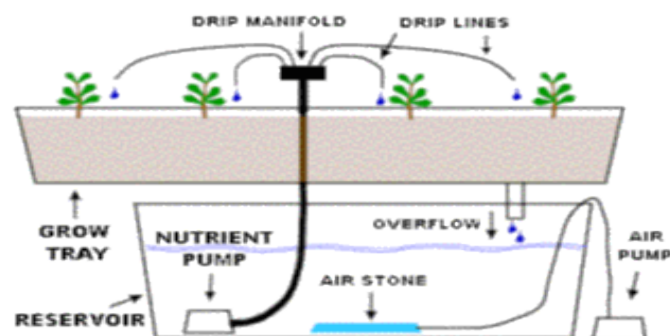


Figura 3. Cultivo en sustrato.  
Fuente. Casa de cultivo, 2010.

**b. Raíz flotante:**

Consiste en el cultivo de pequeñas o medianas hortalizas en contenedores que están repletos de solución nutritiva, para acelerar su crecimiento y maximizar el espacio de la instalación.

Esta técnica no es recirculante, por lo que el agua se encuentra estancada en el contenedor, por ende, con el tiempo va perdiendo oxígeno lo cual genera el crecimiento de hongos y bacterias dentro del sistema. Estos organismos afectan a las raíces de las plantas y también en la nutrición vegetal, debido a que al disminuir la cantidad de oxígeno las plantas no asimilan todos los elementos haciendo que se genere una deficiencia. Ver figura 4.

Por ello es necesario instar una bomba de oxígeno, para que aporte la cantidad necesaria de este elemento en el agua para favorecer el intercambio gaseoso y pueda mantener la solución nutritiva en óptimas condiciones. (Hydro Environment, 2008)



Figura 4. Esquema hidropónico de Raíz Flotante.

**Fuente.** Hydro Environment (2008)

**c. Sistema NGS:**

Este sistema hidropónico es conocido como “Nuevo Sistema de Crecimiento, por sus siglas en inglés, es una tecnología europea que consiste en la oxigenación de las raíces de manera constante.



Hydro Environment (2008) nos indica que se basa en la circulación de la solución nutritiva en un conjunto de bandas de polietileno, dispuestas de forma tal que después de que la solución recorre un tramo inicial determinado, se distribuye a semejanza de cascada por las demás bandas.

Esta técnica otorga un mayor desarrollo de las raíces ya que les permite extenderse sin restricciones, lo que conlleva a la existencia de una buena aireación en el sistema radicular para el buen desarrollo de la planta.

Con este sistema, la oxigenación se consigue de forma natural, gracias a las diferentes láminas por las que debe fluir el agua de riego antes de ser recolectada por la última capa. Este efecto de “cascada” natural es el responsable de mantener en el agua de riego los niveles mínimos admisibles de oxígeno disuelto para evitar situaciones de stress y por tanto, garantizar el suministro de éste gas para el adecuado desarrollo de las raíces que siguen el flujo del agua.

#### **d. Sistema NFT:**

Ruíz (como se citó en Reyes, 2009). Describe al sistema como una técnica en el que recircula en forma permanente una película fina constituida por una solución nutritiva, la cual permitirá la respiración de las raíces (al aportarles oxígeno, la absorción de los nutrientes y del agua durante el periodo vegetativo de la planta. Esta película no deberá alcanzar una altura superior a los 5 o 7 centímetros desde la base del contenedor.

#### **2.2.2. Flujo Laminar de Nutrientes NFT (*Nutrient Film Technique*)**

El Sistema de Hidroponía NFT (*Nutrient Film Technique*) que significa “Técnica de la Película de Nutrientes”, está destinado principalmente a la producción de hortalizas, especialmente especies de hojas (lechugas, acelga, entre otras). El principio básico de este sistema es la recirculación de una capa fina de la solución nutritiva por las raíces de las hortalizas, que pasan por una

serie de canales de PVC. En cada canal existe una abertura, que se colocan las plantas en una canastilla especial. Ver figura 5.

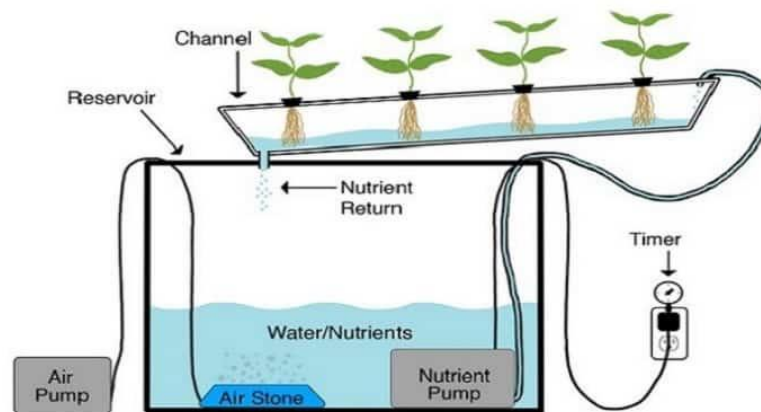


Figura 5. Sistema hidropónico NFT

**Fuente.** Agronomaster, 2017

La solución es recolectada y almacenada en un recipiente ya sea cubeta o un tanque (esto depende de los litros de solución nutritiva) a través de una bomba que permite la circulación de la solución nutritiva por los canales de cultivo. De esta forma, las raíces del cultivo están en contacto permanente con la solución nutritiva, favoreciendo la oxigenación de las raíces y el suministro óptimo de nutrientes. (Hydro Environment, 2008).

#### **i. Ventajas del NFT**

Según Mafla (como se citó en Cajo, 2016), el sistema hidropónico NFT tiene las siguientes ventajas:

- Ahorro en la solución nutritiva y el agua.
- Máximo aprovechamiento de espacio ya que se puede cultivar en niveles.
- Permite un control más preciso sobre la nutrición de la planta.
- Simplifica los sistemas de riego y permite la automatización en su totalidad

- El crecimiento de los productos es acelerado ya que maximiza el contacto directo de las raíces con solución nutritiva
- Si se maneja de la forma correcta el sistema, permite cultivar hortalizas de consumo en fresco y de alta calidad.
- Permite corregir deficiencias nutricionales.

## ii. Desventajas del NFT

- Los costos iniciales son mayores a comparación de otros sistemas hidropónicos.
- Requiere de un cuidado adecuado en el estado de la solución nutritiva, con el fin de que brinde buenos resultados (se controla pH, Conductividad eléctrica y temperatura).

## iii. Factores a considerar

Hydro Environment (2008), describe que existen varios factores a considerar para la producción de cultivos en un sistema NFT, los cuales son:

- **Temperatura:** Necesario mantener las soluciones entre 13 y 15 °C con el fin de prevenir una absorción reducida de los nutrientes.
- **pH:** ideal entre 5.5 y 6.5 para la mayoría de cultivos.
- **Conductividad eléctrica:** Los rangos adecuados para que las plantas no se deshidraten por exceso de sales o absorban menos nutrientes por ausencia de los mismos, es entre 1.5 a 3 mS/cm o 750 a 1500 ppm.
- **Longitud del canal:** Un máximo de 20 m de longitud en hortalizas
- **Anchura del canal:** Distancia entre plantas se recomienda entre 15 a 30 cm
- **Pendiente del canal:** Entre 1.5 y 2 %.

## iv. Componentes del sistema NFT

Catata (2015), nos define algunos componentes del sistema NFT, entre ellas tenemos:

- **Estanque colector:** es en donde se almacena la solución nutritiva por el período del cultivo.
- **Canales de cultivo:** es el sostén de las plantas de cultivo en el sistema y permite que la solución nutritiva se expanda a través de ellos, para que exista el contacto entre las plantas y la solución nutritiva.
- **La bomba:** permite impulsar la solución nutritiva de manera permanente, desde el estanque recolector hasta el último canal de cultivo.
- **Red de distribución:** permite que la solución nutritiva llegue desde la bomba hacia los canales de cultivo.
- **Tubería colectora:** recibe la solución nutritiva desde los canales de cultivo y la lleva de retorno hacia el estanque colector. Esta se ubica frente y en un nivel más bajo que la altura interior de los canales, de esta forma la solución nutritiva se oxigena al caer por gravedad.

### 2.2.3. Nutrientes requeridos por las plantas

#### a. Nitrógeno:

En cuanto al nitrógeno Barrios (2004), nos manifiesta que este nutriente es absorbido por las plantas en forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y en forma de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) soluble en agua. Para el caso de amonio, este es utilizado en forma suplementaria ya que a elevadas concentraciones puede causar daños fisiológicos a las plantas. Las principales fuentes de nitrógeno son:

- Nitrato de potasio, proporciona nitrógeno en forma de nitrato y potasio.
- Nitrato de calcio, es una fuente satisfactoria de nitrógeno y calcio soluble, además es muy higroscópico.
- Nitrato de sodio, es una buena fuente de nitrógeno, pero el sodio que entra en la solución solo va a incrementar el contenido de sales sin contribuir a la nutrición de las plantas.

- Nitrato de amonio, no se recomienda su uso como fuente exclusiva de nitrógeno ya que la proporción de nitrato es elevada.
- Sulfato de amonio, puede proporcionar la cantidad necesaria de amonio en la solución, acidifica la solución y proporciona parte del azufre necesario.
- Fosfato monoamónico (11-48-0) y fosfato diamónico (18-46-0), aunque se utiliza como fuente de fósforo es un buen complemento de nitrógeno en forma amoniacal.

**b. Fósforo:**

Barrios (2004) menciona que este es asimilable en forma de ion fosfato ( $\text{PO}_4$ ), y las principales fuentes son:

- Superfosfato de calcio simple, contiene calcio, azufre y varios microelementos como impurezas, pero es de baja solubilidad.
- Superfosfato de calcio triple, contiene más fósforo que el superfosfato simple, pero menos impurezas y siempre difícil de disolver.
- El fosfato de amonio y fosfato diamónico son más fáciles de disolver que las presentaciones anteriores, proporciona nitrógeno amoniacal.

**c. Potasio:**

Las principales fuentes de potasio son las que menciona Barrios (2004):

- Nitrato de potasio y sulfato de potasio, proporciona azufre y es barato de conseguir.
- Cloruro de potasio, se debe tener cuidado que no se eleve el contenido de cloro ya que puede ocasionar toxicidad en las plantas.

**d. Calcio:**

Las principales fuentes de calcio son nitrato de calcio muy soluble. Superfosfato simple y triple proporcionan una buena cantidad de calcio, pero es difícil de diluir. El sulfato de calcio (yeso) es difícil de diluir, es barato y fácil de conseguir. El cloruro de calcio se recomienda como fuente suplementaria, porque eleva el contenido de cloro en la solución. (Barrios, 2004)

**e. Azufre:**

Barrios (2004), el azufre es utilizado por las plantas en forma de sulfatos ( $\text{SO}_4$ )<sup>=</sup>. Normalmente las plantas presentan límite de tolerancia amplia para el azufre, por eso no se contabiliza al hacer la solución nutritiva ya que se considera que siempre queda dentro de los límites adecuados. Entre las principales fuentes se encuentran: sulfato de magnesio, sulfato de potasio y superfosfato.

**f. Magnesio:**

Barrios (2004) indica que la principal fuente es el sulfato de magnesio, este compuesto es usado en hidroponía como fuente de magnesio debido a su solubilidad, bajo costo y accesibilidad.

**g. Hierro:**

Barrios (2004) manifiesta que hay tres fuentes principales:

- Sulfato ferroso, en el cual la solución debe tener un pH menor de seis para disolver bien, es la más barata.
- Cloruro férrico, es más caro que el sulfato ferroso y difícil de conseguir.
- Los quelatos proporcionan hierro asimilable por períodos de tiempo más largos que el sulfato ferroso y previenen la precipitación de fósforo, su precio es elevado.

**h. Manganeso:**

En la solución nutritiva, es proporcionado como sulfato, cloruro o quelatos de manganeso, Barrios (2004).

**i. Boro:**

Barrios (2004), indica que es asimilado como borato ( $\text{BO}_3^-$ ) y sus principales fuentes son el ácido bórico, y el bórax (tetraborato de sodio).

**j. Cobre:**

Las principales fuentes son el sulfato y cloruro de cobre.

**k. Zinc:**

Se aporta a la solución como sulfato o cloruro de zinc.

**l. Molibdeno:**

Es requerido en pequeñas cantidades, se encuentra como impurezas en otros fertilizantes y por lo tanto no requiere de fuente adicional.

**2.2.4. Cultivo de lechuga**

Barrios (2004), refiere que el origen de la lechuga aun no es muy claro, los botánicos no se ponen de acuerdo porque existe un seguro antecesor de la lechuga, *Lactuca scariola L.*, que se encuentra en estado silvestre en la mayor parte de las zonas templadas.

### 2.2.4.1. Taxonomía y morfología

La lechuga pertenece a la familia dicotiledónea, además presenta una gran diversidad, esto se da por los diferentes tipos de hojas y hábitos de crecimiento, por ello es que existen diversas variedades botánicas en la especie. Su clasificación completa se muestra en la tabla 2. (Saavedra, et al., 2017)

**Tabla 3.** Clasificación taxonómica de la lechuga.

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida
<b>Orden:</b>	Asterales
<b>Familia:</b>	Astereceae
<b>Subfamilia:</b>	Cichorioideae
<b>Tribu:</b>	Lactuceae
<b>Género:</b>	<i>Lactuca</i>
<b>Especie:</b>	<i>Lactuca sativa L.</i>

Fuente. Saavedra, et al., 2017

Saavedra, et al., 2017, también nos hace referencia que “Lactuca” procede del latín *lac* (que significa “leche”), que se refiere al líquido lechoso, que es la savia que sale de los tallos de esta planta al ser cortados y, “sativa” hace referencia a su carácter de especie cultivada.

InfoAgro. (s.a), manifiesta que la lechuga es una planta anual y autógama, y tiene la siguiente morfología:

- **Raíz:** no llega nunca a sobrepasar los 25 cm. de profundidad, es pivotante, corta y con ramificaciones.
- **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.

#### **2.2.4.2. Variedades**

##### **i. Lechuga Waldman's Green (Orgánica o crespa)**

Guash (s.a), describe a esta lechuga con hojas abiertas de tamaño mediano, color verde oscuro, ondulado de tipo escaroladas y su aspecto es de tipo Grand Rapids de hojas largas y más oscuras. Sus semillas son de color negro.

El Ministerio de Agricultura no tiene registros de esta variedad de lechuga, sin embargo, realizando una pequeña encuesta en los mercados minoristas sobre el precio unitario de la lechuga orgánica se estima que su valor promedio es S/. 1.50, la cual tiene una buena demanda en todo el año, sobre todo en las épocas de verano.

##### **ii. Lechuga Americana o Great Lakes**

Guash (s.a), menciona que esta variedad de lechuga tiene apariencia redonda, de textura suave y flexible y tiene la particularidad de formar una cabeza repollada de tamaño grande y color verde oscuro. Posee corazón grande y son tolerante a las quemaduras.

El reporte del Ministerio de Agricultura (2019) afirma que el precio actual de la lechuga variedad americana oscila entre un promedio de S/. 1.42 la unidad (ver imagen 6), también informa el registro del volumen de lechuga americana que ingresa a mercado mayorista en Lima Metropolitana como también el lugar de procedencia (ver figura 7).

**Lima Metropolitana: Precio Promedio según producto.**  
Fecha: 11/05/2019

Producto	Variedad	Precio Promedio (\$/ x Kg., \$/. x Lt. o \$/. x Unid.)
Lechuga	Lechuga Americana	1.42

Fuente: Mercados Mayoristas de Lima Metropolitana  
Elaboración: MINAGRI-DGESEP-DEA-Área de Comercialización

Figura 6. Precio promedio de la lechuga americana.

**Fuente.** Ministerio de Agricultura (2019)

**Lima Metropolitana: Volumen según producto y procedencia (sólo para volumen).**  
Periodo: Año 2019

Fecha	Lechuga Americana									
	Volumen (t)									
	Total	Yauyos	Lima	Huaura	Huaro-chiri	Huaral	Canta	Canete	Cajatambo	Barranca
2019	12284.00	4.00	3416.00	806.00	15.00	6778.00	871.00	276.00	1.00	117.00

(\*) Procedencia Desconocida: Cuando un producto ingresa al mercado transportado en carretilla y no presenta guía de remisión.  
Fuente: Mercados Mayoristas de Lima Metropolitana  
Elaboración: MINAGRI-DGESEP-DEA-Área de Comercialización

Figura 7. Volumen de lechugas americanas que ingresan a los mercados de Lima Metropolitana

**Fuente.** Ministerio de Agricultura (2019)

### 2.2.4.3. Síntomas de deficiencias nutricionales en lechugas

Algunos de los síntomas por deficiencia nutricional se describirán en la tabla 3, (Medina F., 2017).

**Tabla 4.** Síntomas por deficiencias nutricionales.

Deficiencia	Consecuencia
Nitrógeno	Las hojas externas toman una coloración amarillo-verdosa, que se va extendiendo hacia las internas. Las

	hojas de las plantas afectadas son más pequeñas y no llega a formarse la cabeza.
Fósforo	La planta presenta una coloración verde oscura. Su tamaño se reduce drásticamente. Las hojas externas presentan unas manchas irregulares, de color marrón.
Potasio	La carencia muestra unas manchas amarillas en el borde de las hojas externas que se extienden hacia el centro de la hoja y hacia las hojas medias. Cuando la carencia es acusada, las manchas se tornan marrones y el margen se necrosa.
Calcio	Las hojas jóvenes muestran unos puntos negruzcos o marrones que unidos representan una quemadura típica, denominada tip burn.
Magnesio	Las hojas viejas presentan una decoloración amarillenta, internervial y pueden llegar a necrosarse cuando la carencia es muy acusada. Los síntomas progresan hacia las hojas medias.
Hierro	Las plantas deficientes presentan una amarillez en las hojas del cogollo. La nerviación permanece ligeramente más oscura.
Manganeso	Presenta una clara amarillez internervial en las hojas medias. Los síntomas progresan hacia las hojas externas.
Cobre	La carencia se manifiesta como una amarillez en las hojas externas o medias. Éstas pueden llegar a necrosarse. Las hojas externas se curvan a lo largo de nerviación central hacia arriba.
Zinc	Las plantas afectadas tienen forma de roseta. El crecimiento se paraliza. En el borde de las hojas externas aparecen manchas necróticas oscuras que se mueven hacia la zona central de la hoja. Los síntomas progresan hacia las hojas jóvenes.

Boro	Los síntomas aparecen en los puntos de crecimiento de las hojas jóvenes. Se extienden a lo largo del margen de la hoja y los puntos de crecimiento mueren. Las hojas internas se deforman y se vuelven quebradizas. La raíz se acorta y muestra una coloración marrón oscura.
Molibdeno	Los síntomas más visibles, pueden empezar como un moteado clorótico intervenal de las hojas inferiores, seguido por una necrosis marginal y el encorvamiento de las hojas

**Fuente.** Medina, F., 2017.

### 2.2.5. Solución Nutritiva

Las soluciones nutritivas son las que contienen todos los elementos necesarios para que las plantas puedan desarrollarse en el agua, en las debidas condiciones y dosis convenientes. Penningsfeld y Kurzmann (como se citó en Catata, 2015).

Carrasco (1996), manifiesta que los elementos minerales nutritivos esenciales en hidroponía (Tabla 5), son aportados por la solución nutritiva gracias a las sales fertilizantes solubles en agua (Tabla 6). Por ello, la elección de una adecuada fuente de sales minerales solubles, constituye una de las bases para el éxito del cultivo.

**Tabla 5.** *Elementos minerales esenciales para las plantas.*

ELEMENTO MINERAL	SÍMBOLO QUÍMICO	PESO ATÓMICO
<b>MACRONUTRIENTES</b>		
Nitrógeno	N	14
Fósforo	P	31
Potasio	K	39
Calcio	Ca	40
Magnesio	Mg	24
Azufre	S	32

## MICRONUTRIENTES

Hierro	Fe	56
Manganeso	Mg	55
Zinc	Zn	65.5
Boro	B	11
Cobre	Cu	64
Molibdeno	Mo	96
Cloro	Cl	35.5

Fuente. Carrasco 1996.

La solución nutritiva se divide en dos soluciones madres, estos son: Solución Concentrada A, aporta a las plantas los elementos nutritivos que las plantas consumen en mayores proporciones (macronutrientes); la Solución Concentrada B, aporta los elementos que son requeridos en menores cantidad por las plantas (micronutrientes), sin embargo, son iguales de esenciales para que la planta pueda desarrollarse normalmente.

Las sales fertilizantes solubles en agua necesarios para el desarrollo de las plantas y que son aportado por las soluciones nutritivas son las siguientes:

**Tabla 6.** Sales fertilizantes utilizadas en hidroponía.

Nombre químico	Fórmula química	Solubilidad (gr por Lt)
Nitrato de calcio	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1220
Nitrato de potasio	KNO <sub>3</sub>	130
Nitrato de magnesio	Mg (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	279
Fosfato monopotásico	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	230
Sulfato de magnesio	MgSO <sub>4</sub> . 6H <sub>2</sub> O	710
Sulfato de potasio	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	111
Sulfato de manganeso	MnSO <sub>4</sub>	980
Ácido bórico	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	60

Sulfato de cobre	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	310
Sulfato de zinc	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	960
Molibdato de amonio	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	430

**Fuente.** Carrasco 1996.

### **2.2.5.1. Preparación de la Solución Nutritiva**

Existen un gran número de soluciones nutritivas propuestas, las cuales han sido previamente evaluadas en un amplio número de hortalizas y la mayoría responde adecuadamente a las necesidades de los cultivos. Algunas de estas soluciones son: Solución nutritiva de la Universidad Agraria La Molina, Solución nutritiva de la FAO, Solución Nutritiva de Smart Farm Perú, entre otras.

Normalmente se propone en forma general para todos los casos la preparación de dos soluciones madre, la solución A (macronutrientes) y la solución B (micronutrientes), como ya se explicó anteriormente. Para la preparación de la solución nutritiva únicamente se necesitan mezclar ambas soluciones en agua según lo que recomiende las etiquetas de los envases. Calderón y Castañeda (como se citó en Morocho, 2014).

El propósito de separar los fertilizantes en Solución A y Solución B se basa en las reacciones de ciertas sales que forman compuestos de muy baja solubilidad y por lo tanto precipitan. Carrasco e Izquierdo (1996), explican lo siguiente:

“...Si se mezcla en una solución concentrada nitrato de calcio y sulfato de magnesio, se obtendrá un precipitado de sulfato de calcio. De esta forma, la solución concentrada A se compone de nitrato de calcio, como única sal o junto a quelato de hierro, mientras que en la solución concentrada B se mezcla el resto de los fertilizantes.”

### **2.2.5.2. Calidad del agua para la Solución Nutritiva**

Chang (como se citó en Morocho, 2014), hace referencia del agua que se utilizara para preparar la Solución nutritiva para hidroponía debe ser de

buena calidad, potable, pero con baja concentración de cloro, ya que a concentraciones altas causa complicaciones en toxicidad a las plantas.

### **2.2.5.3. Duración y cambio de la Solución Nutritiva**

La vida útil de la solución de nutrientes depende principalmente del contenido de iones que no son utilizados por las plantas. La medida semanal de la conductividad eléctrica indicará el nivel de concentración de la solución (si es alto o bajo). La vida media de una solución nutritiva que haya sido ajustada por medio de análisis semanales suele ser de dos meses. En caso de no efectuarse dichos análisis se recomienda un cambio total de la solución nutritiva a las 4 a 6 semanas. En el caso del cultivo de lechuga, la etapa definitiva dura 4 semanas y no se cambia la solución nutritiva durante este tiempo, porque en este período, prácticamente ha absorbido todos los nutrientes. Calderón y Castañeda (como se citó en Morocho, 2014).

### **2.2.5.4. pH de la Solución Nutritiva**

El pH indica el grado de acidez o alcalinidad de una solución. Si una solución es ácida su valor es menor a 7, si es alcalina su valor es mayor a 7 y si es neutra su valor es de 7. La disponibilidad de nutrientes varía de acuerdo al pH de la solución nutritiva, por eso es recomendable mantenerlo dentro de un rango que va de 5.5 a 6.5 en el cual los nutrientes están disponibles para la planta. Para disminuir el pH se agrega un ácido como ácido sulfúrico, ácido fosfórico o ácido nítrico y para aumentar el pH se debe adicionar una base o alcalino como hidróxido de potasio o hidróxido de sodio (excepto para aguas con niveles significativos de sodio). Calderón y Castañeda (como se citó en Morocho, 2014).

### **2.2.5.5. Dosis de la Solución Nutritiva**

La dosis de la solución nutritiva va a depender de cada producto, las indicaciones son las siguientes:

- La dosis recomendada por la "Universidad Nacional Agraria La Malina" para utilización de la solución hidropónica la molina es de 5 cc o ml de solución nutritiva "A" por cada litro de agua almacenada en el contenedor y de 2 cc o ml de solución hidropónica B por el mismo litro de agua almacenada en el contenedor.
- La dosis recomendada por la "FAO" para utilización de la solución hidropónica es de 5 cc o ml de solución nutritiva "A" por cada litro de agua almacenada en el contenedor y de 2 cc o ml de solución hidropónica B por el mismo litro de agua almacenada en el contenedor.
- La dosis recomendada por "Smart Farm Perú" para utilización de la solución hidropónica es de 5 cc o ml de solución nutritiva "A" por cada litro de agua almacenada en el contenedor y de 5 cc o ml de solución hidropónica B por el mismo litro de agua almacenada en el contenedor.

### **2.3. Definición de términos básicos**

#### **a. Acogollar:**

En términos de agricultura significa cubrir una planta delicada con esteras, plásticos o vidrios para defenderla de la lluvia o el frío. Gran Diccionario de la Lengua Española. (2016).

#### **b. Autógama.**

Plantas donde se encuentran flores de ambos sexos, o ambos sexos en la misma flor, para asegurarse que las flores femeninas sean fecundadas. Contreras, R. (2016)

#### **c. Capacidad buffer:**

Esta característica ayuda a estabilizar el pH cuando un elemento ácido o alcalino se agrega al terreno. Sus cambios pueden afectar a las plantas, disminuyendo la fracción de nutrientes disponible para ellas. CONtexto ganadero (2018)



**d. Fertiriego:**

Consiste en la aplicación de fertilizantes sólidos (diluidos) o líquidos en los cultivos por los sistemas de riego. Agritotal.com (s.a)

**e. Pivotante.**

Adjetivo en botánica, que se aplica a la raíz que presenta un eje central más grueso que las ramificaciones laterales. Larousse Gran Diccionario (2016).

## CAPÍTULO III

### DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

#### 3.1. Modelo de solución propuesto

##### 3.1.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el Parque Ecológico “Kallpa Wasi”, el cual tiene la siguiente ubicación:

- Dirección: Av. Buena Vista cuadra 3  
(Alt. Parque Mariano Bustamante)
- Distrito: San Borja
- Provincia: Lima
- Departamento: Lima
- Coordenadas UTM: 284772.07 E - 8660799.69 S

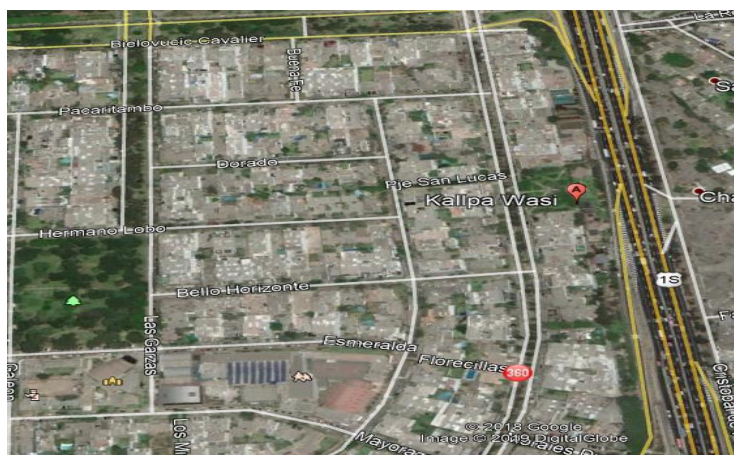


Figura 8. Imagen satelital de ubicación.

**Fuente.** Google Earth.

### 3.1.2. Recursos a emplear

#### i. Materiales

- Jeringa de 3cc.
- Probeta de vidrio, volumen de 100 ml.
- Vasos precipitados 100 ml.
- Jarra de medida 1Lt.
- Tuvo de PVC  $\varnothing$  4"
- Tapón desagüe PVC  $\varnothing$  4"
- Tapones de  $\varnothing$  3/4 " y  $\varnothing$  1/2"
- Vasitos hidropónicos  $\varnothing$  5.5 cm.
- Espuma, esponja o hule
- Bidones de polietileno de 60 Lt.
- Manguera de  $\varnothing$  3/8"
- Manguera de  $\varnothing$  1/4"
- Pegamento de PVC
- Silicona para tubería
- Soldadura punto azul
- Fierros
- Cintillos
- Esmalte blanco
- Guantes
- Thinner
- Interruptor
- Cable vulcanizado
- Cinta aislante
- Cinta vulcanizada
- Pila AAA
- Interruptor hembra y macho
- Teflón
- Varilla
- Espátula
- Wincha

- Nivel
- Cuter
- Desarmadores
- Hoja sierra
- Bandeja para germinar

**ii. Insumos:**

- Semillas de lechuga (orgánica y americana)
- Solución nutritiva de la Universidad Nacional Agraria La Molina
- Solución nutritiva de Smart Farm Perú
- Agua destilada 180 Lt
- Tierra preparada para almácigos
- Humus de Kallpa Wasi
- Nitrato de potasio
- Nitrato de Calcio
- Fosfato Monoamónico
- Sulfato de Magnesio
- Sulfato de Manganeso
- Sulfato de Cobre
- Sulfato de Zinc
- Ácido Bórico
- Molibdato de Amonio
- Quelato de Hierro

**iii. Equipos:**

- Bomba de agua para 1.5m
- Timer de varios tiempos
- Conductímetro
- pHmetro
- Balanza analítica

**iv. Gabinete:**

- Lapiceros
- Bitácora
- Regla

- Cámara fotográfica
- Fólder
- Hojas bond
- Impresiones

**v. Otros:**

- Asesoría
- Mano de obra
- Transporte
- Consumo de electricidad

### 3.1.3. Procedimientos

#### 3.1.3.1. Preparación de almácigos

Se sembraron en las bandejas de germinación semillas de lechuga orgánica y americana, acompañadas con tierra preparada para almácigos, (ver figura 9). En cada orificio se sembraron dos semillas a muy poca profundidad y fueron regadas con aspersor diariamente, para mantener húmedo el área y favorecer la germinación de las lechugas. Ver figura 10.

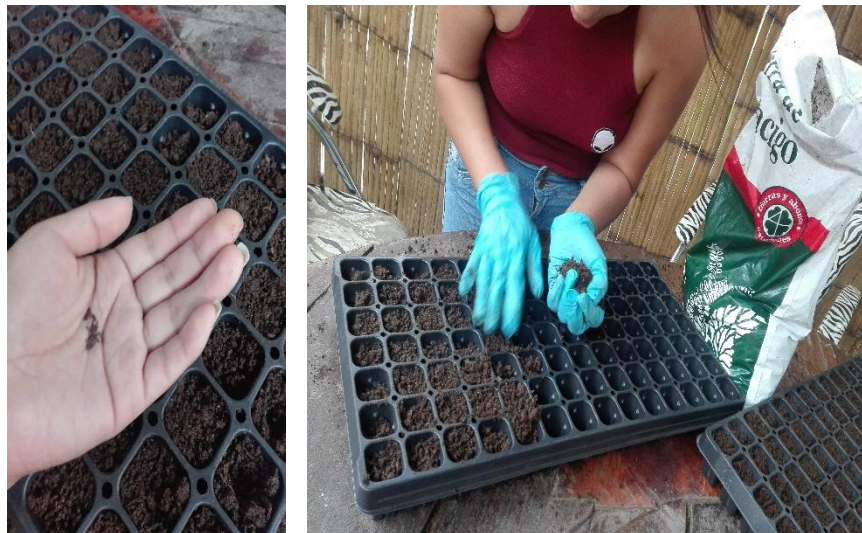


Figura 9. Siembra de semillas de lechuga.

Una vez germinadas, se regaron con la solución nutritiva de la Universidad Nacional Agraria La Molina para acelerar su crecimiento y

facilitarle nutriente, ver figura 11. Según el Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral (CIHNM) nos recomienda:

Para regar almácigos se aplica la mitad de la dosis: 2.5 ml de solución A y 1.0 ml de solución B por litro de agua. La mitad de dosis se aplica diariamente desde la aparición de la primera hoja verdadera durante los primeros días del almácigo (5-7 días); luego se continúa el riego con la dosis completa (5 ml de la solución concentrada A y 2 ml de la solución concentrada B).



Figura 10. Germinación de las lechugas.

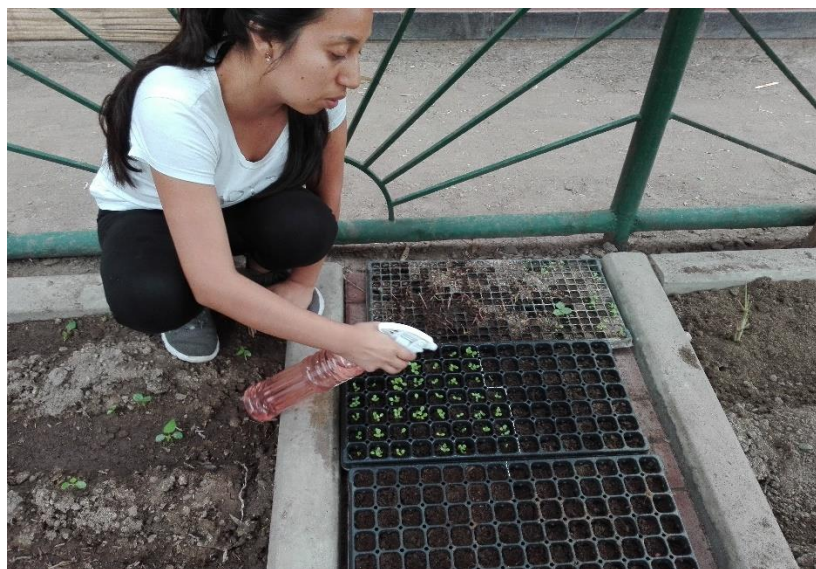


Figura 11. Riego de los almácigos con solución hidropónica.

Se mantuvieron en el recipiente por 40 días, hasta que hayan tenido un tamaño adecuado para su trasplante al sistema hidropónico NFT. Ver figura 12.

Se realizaron otra siembra para germinar más lechugas utilizando humos de Kallpa Wasi – Municipalidad de San Borja, estas fueron trasplantadas a los sistemas a los 20 días.



Figura 12. Almacigos de la primera y segunda siembra.

### 3.1.3.2. Construcción del sistema NFT

– Se construyeron tres (3) estructuras de fierro, las cuales fueron diseñadas de forma piramidal para aprovechar el espacio del lugar en donde se llevará a cabo el proyecto. Sus medidas son: ancho 1m, alto 1.2 m. En cada lado tenía soportando 3 tubos de 1m de largo, donde se desarrollaron las lechugas después del trasplante. En total cada estructura contenía 6 tubos y 24 orificios para el desarrollo de las lechugas. Ver figura 13.



Figura 13. Estructura de hierro

– Se construyeron 18 tubos de 1 m de largo con 4 orificios de 5 cm de diámetro, separados en cada orificio con 23cm aproximadamente para el sistema NFT, los cuales se conectaron con dos mangueras, una de 1/8 para la entrada de la solución y otra de 1/4 para la salida de la solución; de tal forma se unieron con un recipiente de 60 Lt de capacidad donde se encontraba las soluciones nutritivas. Dentro de cada recipiente se encontraba una bomba para que pueda impulsar la solución y esta pueda recircular en el sistema.



Figura 14. Construcción de los tubos hidropónicos.





Figura 15. Pintado de los tubos antes de la instalación.

- Se instaló un timer para las tres bombas, de tal forma se controló el tiempo de encendido y apagado automático. El tiempo dado fue de 15 minutos cada 3 horas. El esquema de los sistemas se puede apreciar en la figura 16.

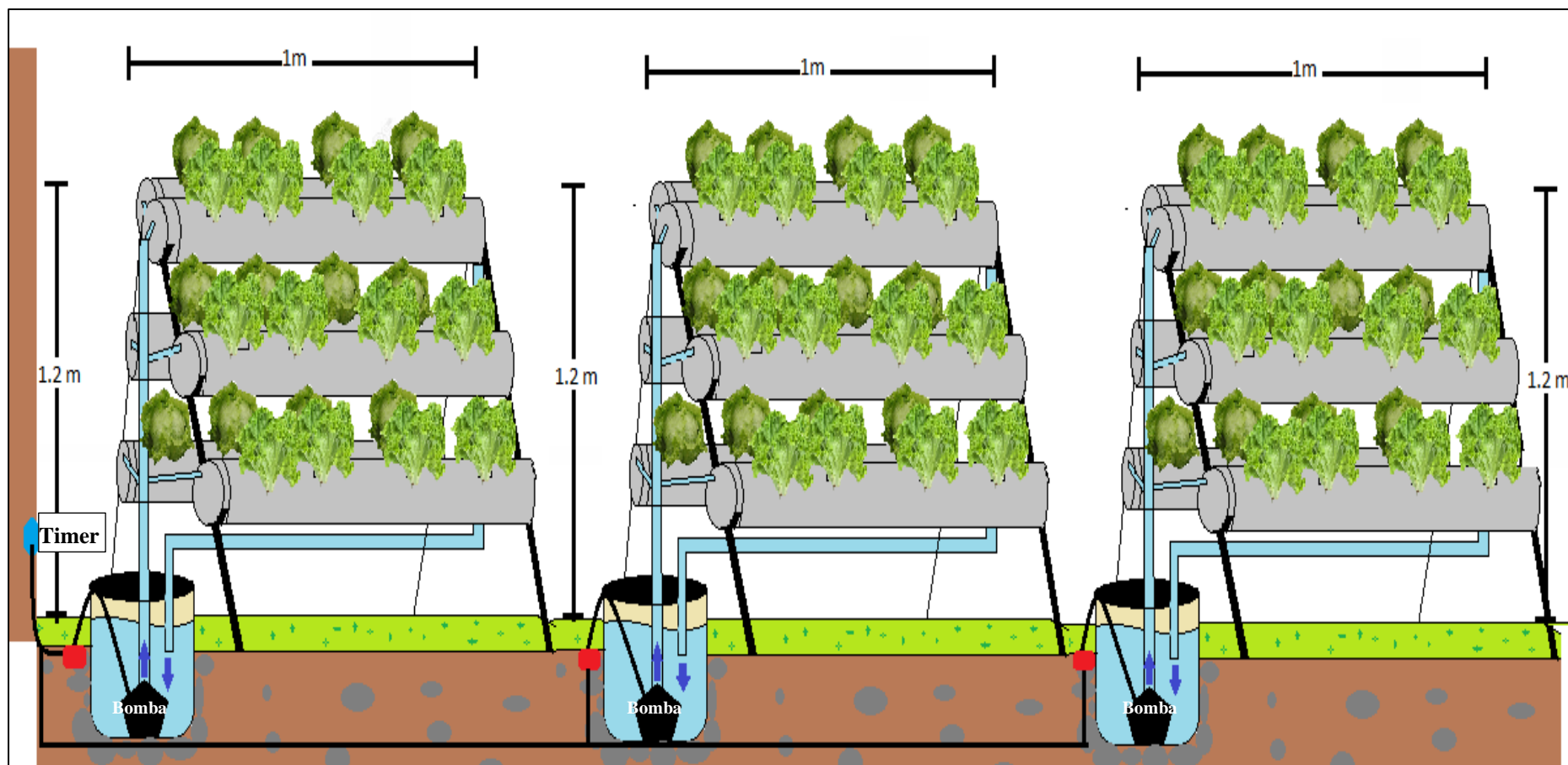


Figura 16. Esquema de los tres sistemas hidropónicos

En el presente esquema se encuentra el diseño de los sistemas hidropónicos NFT, Flujo Laminar de Nutrientes, con las tres soluciones estudiadas. En el lado izquierdo se encuentra el sistema hidropónico con la solución de la UNALM; en el centro se encuentra el sistema con la solución nutritiva de la FAO y en el lado derecho se encuentra el sistema con la solución nutritiva de Smart Farm Perú. Los tres sistemas están conectados a un timer cuya función es encender la bomba por periodos ya determinados para la recirculación de la solución nutritiva.

**Fuente.** Elaboración propia.

### 3.1.3.3. Preparación y costos de las soluciones nutritivas

Para la preparación de las soluciones nutritivas tanto concentradas como las diluidas se utilizó agua destilada, procedente de la marca Matraz.pe, el cual es des ionizada y posee una conductividad eléctrica menor a 4us/cm y un pH neutro entre 6.8 – 7.6, indicados en su rótulo, los cuales son parámetros óptimos para poder preparar las soluciones nutritivas.

#### i. Preparación de la solución nutritiva de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM)

La solución nutritiva concentrada de la UNALM está compuesta por los siguientes insumos químicos plasmados en la tabla 7.

**Tabla 7.** *Contenido de la solución nutritiva concentrada UNALM.*

<b>Solución Nutritiva A (concentrada) para 5 Lt</b>	
Nitrato de potasio	550g
Nitrato de amonio	350g
Superfosfato triple de calcio	180g
<b>Solución Nutritiva B (concentrada) para 2 Lt</b>	
Sulfato de magnesio	220g
Quelato de hierro 6%Fe	17g
Solución de micronutrientes	400ml
<b>Solución de micronutrientes para 1Lt (concentrada)</b>	
Sulfato de manganeso	5g
Ácido bórico	3g
Sulfato de Zinc	1.7g
Sulfato de cobre	1g
Molibdato de amonio	0.2g

**Fuente.** UNALM, 2014

Para la primera semana del trasplante se preparó 40 litros de solución nutritiva, en el cual se disolvió 200ml de la solución A (concentrada) y 80ml de solución B (concentrada).



Figura 17. Mediciones de la solución A y B de la UNALM.

Estas medidas se obtuvieron de las indicaciones de la solución concentrada, donde explicaba que para 1 Lt de agua se debe utilizar 5ml de Solución concentrada A y 2ml de Solución concentrada B (CIHNM, s.a).

Haciendo el cálculo simple para 40 L:

<b>Solución A</b>		<b>Agua</b>
5 ml	-	1 Lt
x	-	40 Lt
<b>X</b>	<b>=</b>	<b>200 ml</b>

<b>Solución B</b>		<b>Agua</b>
2 ml	-	1 Lt
x	-	40 Lt
<b>X</b>	<b>=</b>	<b>80 ml</b>

De esta forma se ha obtenido los resultados para la preparación de la primera solución nutritiva.



Figura 18. Preparación de la solución nutritiva de UNALM.

ii. **Preparación de la solución nutritiva de la FAO (*Food and Agriculture Organization*)**

La preparación se dividió en dos etapas, la primera era la preparación de la solución concentrada y la segunda era la preparación de la solución para 40 Lt.

– *Preparación de la solución concentrada:*

La solución nutritiva concentrada se preparó en el Laboratorio de Química de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (UNTELS), para ello se utilizó los siguientes químicos recomendados por la FAO, ver tabla 8.

**Tabla 8.** *Contenido de la solución nutritiva concentrada FAO.*

<b>Solución Nutritiva A (concentrada) para 1 Lt</b>	
Fosfato monoamónico	34g
Nitrato de calcio	208g
Nitrato de potasio	110

### Solución Nutritiva B (concentrada) para 1 Lt

Sulfato de magnesio	123g
Sulfato de cobre	0.12g
Sulfato de manganeso	0.62g
Sulfato de Zinc	0.3g
Ácido bórico	1.55g
Molibdato de amonio	0.005g
Quelato de hierro 6%Fe	12.5g

Fuente. FAO, s.a.

Se preparó la solución nutritiva concentrada A y B en el orden de la Tabla N°3, para ello se pesó los insumos como se muestra en las imágenes y se procedió a la preparación. Ver figura 19.



Figura 19. Elaboración de la Solución concentrada de la FAO.

– *Preparación de la solución concentrada:*

Para la primera semana se preparó 40L de solución nutritiva, en el cual se disolvió 200ml de la solución concentrada A y 80ml de la solución concentrada B.



Figura 20. Mediciones de la solución A y B de la FAO.

Estas medidas se obtuvieron de las indicaciones de la solución concentrada, donde explicaba que para 1 Lt de agua se debe utilizar 5ml de Solución concentrada A y 2ml de Solución concentrada B (FAO, s.a).

Haciendo el cálculo simple para 40 L:

<b>Solución A</b>		<b>Agua</b>
5 ml	-	1 Lt
x	-	40 Lt
<b>X</b>	<b>=</b>	<b>200 ml</b>
<b>Solución B</b>		<b>Agua</b>
2 ml	-	1 Lt
x	-	40 Lt
<b>X</b>	<b>=</b>	<b>80 ml</b>

De esta forma se ha obtenido los resultados para la preparación de la segunda solución nutritiva.



Figura 21. Preparación de la solución nutritiva de la FAO.

### iii. Preparación de la solución nutritiva de Smart Farm Perú

La solución nutritiva de la Smart Farm Perú está compuesta por los siguientes insumos químicos:

**Tabla 9.** *Contenido de la solución nutritiva concentrada de Smart Farm Perú.*

#### **Solución Nutritiva A (concentrada)**

Nitrato de calcio

Quelato de Hierro DTP

#### **Solución Nutritiva B (concentrada) para 1 Lt**

Sulfato de magnesio

Nitrato de Potasio

Sulfato de potasio

Ácido fosfórico

Sulfato de manganeso

Ácido bórico



Sulfato de Zinc

Sulfato de cobre

Molibdato de sodio

---

**Fuente.** Smart Farm Perú

Para la primera semana del trasplante se preparó 40 litros de solución nutritiva, en el cual se disolvió 200ml de la solución A (concentrada) y 200ml de solución B (concentrada).



Figura 22. Mediciones de la solución nutritiva de Smart Farm P.

Estas medidas se obtuvieron de las indicaciones de la solución concentrada, donde explicaba que para 1 Lt de agua se debe utilizar 5ml de Solución concentrada A y 5ml de Solución concentrada B.

Haciendo el cálculo simple para 40 L:

<b>Solución A</b>		<b>Agua</b>
5 ml	-	1 Lt
x	-	40 Lt
<b>X</b>	<b>=</b>	<b>200 ml</b>
<b>Solución B</b>		<b>Agua</b>
5 ml	-	1 Lt
x	-	40 Lt
<b>X</b>	<b>=</b>	<b>200 ml</b>

De esta forma se ha obtenido los resultados para la preparación de la primera solución nutritiva.



Figura 23. Preparación de la solución nutritiva de Smart Farm P.

#### iv. Costo de las soluciones nutritivas.

En la Tabla 10 se detalla la cantidad y el costo de las soluciones nutritivas utilizadas.

**Tabla 10. Costo de las Soluciones Nutritivas.**

SOLUCIÓN NUTRITIVA		CANTIDAD	TOTAL (S/.)
UNALM	Sol. A	1 Lt.	30.00
	Sol. B	400 ml.	
FAO	Sol. A	1 Lt.	304.50
	Sol. B	1Lt.	
SMART FARM PERÚ	Sol. A	1Lt.	22.00
	Sol. B	1Lt.	
<b>Total</b>			<b>356.50</b>

**Fuente.** Elaboración propia.

### 3.1.3.4. Trasplante de las plántulas

La primera siembra de semillas de lechugas se ha mantenido en la bandeja de germinación por 20 días aproximadamente, luego se le hizo un primer trasplante a otra bandeja para que puedan tener mayor espacio al desarrollarse.

La segunda siembra de semillas de lechugas se realizó después de 20 días de la primera siembra, estas se han mantenido en su recipiente de origen por 20 días hasta que se trasplante en el sistema hidropónico.

Para le trasplante definitivo en el sistema hidropónico NFT, se ha escogido a las mejores lechugas de ambas variedades y de ambas edades (es decir de la primera y segunda siembra). De la primera siembra se escogieron un total de 24 lechugas (12 orgánicas y 12 americanas); de la segunda siembra se escogieron 48 lechugas (24 orgánicas y 24 americanas).

Se retiró la tierra de las raíces (esto para evitar obstrucciones dentro del sistema), luego se cubrió con una esponja (el cual es el soporte de la planta) procurando que la raíz pase por el orificio que tienen las canastillas para NFT, para que la raíz pueda estar en contacto directo con el agua.



Figura 24. Preparación de las lechugas antes del trasplante. Se retiró las lechugas de la almáciguera (L. americana), luego se procedió a lavar las raíces.



Figura 25. Lechuga en las canastas hidropónicas.

Después del lavado, se coloca una espuma en el cuello de la lechuga para que le sirva de sostén a esta, finalmente se coloca en la canastilla hidropónica para colocarlo en el sistema.

Una vez trasplantadas al Sistema NFT, vamos a dejarlas un día entero hidratándose; ya que con el trasplante las plantas pierden muchos líquidos.



Figura 26. Lechugas orgánicas trasplantadas.



Figura 27. Lechugas americanas trasplantadas.

#### **3.1.3.5. Monitoreo del sistema NFT**

Una vez funcionando nuestro sistema de Flujo Laminar de Nutrientes NFT, se ha monitoreado constantemente el pH y la Conductividad Eléctrica de las tres soluciones, ya que el pH debe encontrarse entre 5.6 -6.5 para el buen desarrollo de las hortalizas y evitar la aparición de hongos en las raíces; por su parte la C.E sirve para mantener la disponibilidad de nutrientes, por eso se recomienda mantener en los rangos de 1.5 a 3 mS/cm o 750 a 1500 ppm. (Hydro Environment, 2008).

También se ha registrado el crecimiento de las hojas de lechuga y la cantidad de estas, para conocer con que solución nutritiva las lechugas se desarrollan mejor, se utilizó una regla para medir desde el tallo hasta el ápice de la hoja más larga.



Figura 28. Registró interdiario del crecimiento de las lechugas.

#### **3.1.3.6. Cosecha**

Se realizó a los 30 días después del trasplante, para lo cual se procedió a cosechar lechuga por lechuga para tomar los datos requeridos.

#### **3.1.3.7. Evaluación de la recolección de datos de las variedades de lechugas *Lactuca sativa* L.**

La recolección de datos se realizó en base a las variables de estudio, según el desarrollo fenológico del cultivo de lechuga de la siguiente manera:

En cada uno de las soluciones se registró la altura de planta a los 5, 10, 15, 20, 25 y 30 días después del trasplante y en el momento de cosecha, se evaluó el número de hojas, tamaño de la raíz, altura de la planta y rendimiento (basado en el peso). Esto se realizó a cada variedad de lechuga según su tratamiento. Ver tabla 12.

### 3.1.4. Tratamientos a evaluar.

Se evaluaron dos factores, el A y el B; el factor A contenía tres niveles concentraciones de sustratos hidropónicos y el factor B dos niveles de variedades de lechuga, que hacen un total de seis tratamientos.

#### 3.1.4.1. Descripción de factores y niveles evaluados:

- **Factor A:** Soluciones nutritivas hidropónicas
  - A: Solución nutritiva de la UNALM
  - F: Solución preparada de la FAO
  - S: Solución nutritiva de Smart Farm Perú
  
- **Factor B:** Variedades de lechuga *Lactuca sativa L.*
  - O: Orgánica
  - A: Americana

#### 3.1.4.2. Descripción de los 6 tratamientos

En la tabla 11 se presenta la descripción de los seis tratamientos evaluados, los cuales son producto de la combinación de los dos factores, tipos de contenido de sustratos y variedades de lechugas.

**Tabla 11.** Descripción de tratamientos a evaluar.

Nº TRATAMIENTO	CODIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	AO	Solución nutritiva de la UNALM con lechuga orgánica
2	AA	Solución nutritiva de la UNALM con lechuga americana.
3	FO	Solución nutritiva de la FAO con lechuga orgánica.

4	FA	Solución nutritiva de la FAO con lechuga americana.
5	SO	Solución nutritiva de Smart Farm Perú con lechuga orgánica.
6	SA	Solución nutritiva de Smart Farm Perú con lechuga americana.

---

Fuente. Elaboración propia.

### 3.1.5. Población y muestra

- **Población.** La población fue conformada por 72 plantas de lechugas, *Lactuca sativa L.*, en total. Cada sistema hidropónico contenía 12 plantas de lechugas americanas y 12 plantas de lechugas orgánicas.
- **Muestra.** Por cada unidad experimental se tomaron 05 plantas al azar, de las cuales se sacaron promedio para registrarlos cada 5 días. Ver tabla 12.
- **Muestreo.** El tipo de muestreo a utilizar será el simple- aleatorio.

### 3.1.6. Técnica de recolección de datos.

Para la recolección de datos en el trabajo de investigación se utilizó la técnica de observación y medición, según las variables a evaluar. Los instrumentos a utilizar en la recolección de datos, fueron entre otros, balanza, cinta métrica, etc.

### 3.1.7. Procedimiento de la información recolectada

Para la interpretación de los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se utilizó el análisis de varianza (ANOVA), con un nivel de



confianza del 95% y un valor de alfa del 5% o 0.05, aplicando el programa Minitab versión 2018.

El análisis de económica de tratamiento se realizó mediante la relación beneficio/costo en cada uno de los tratamientos.

### 3.2. Resultados

#### 3.2.1. Datos obtenidos

Los datos registrados durante el tiempo de investigación se plasman en la tabla 12.

**Tabla 12.** *Datos obtenidos.*

DATOS DE ALTURA (cm)							
TRATAMIENTO	Días						
	1	5	10	15	20	25	30
AO	5.02	7.10	12.00	14.50	15.4	21.2	27.3
FO	6.04	9.28	13.20	18.6	21.6	26.8	33
SO	6.10	9.28	12.70	17.2	20.8	24.8	30
AA	5.34	9.37	13.36	13.40	15.5	22.9	26.8
FA	6.46	10.24	13.76	13.40	15	22.1	26.2
SA	7.18	11.01	13.7	14.00	16	23.8	28.4
DATOS DE HOJAS (Nº)							
TRATAMIENTO	Días						
	1	5	10	15	20	25	30
AO	2	4	6	9	9	10	12
FO	3	4	6	9	10	13	16
SO	3	4	6	12	10	10	10
AA	3	5	6	8	9	11	13
FA	3	5	6	7	8	9	11
SA	3	5	6	8	7	10	12

DATOS DE RAÍZ (cm)							
TRATAMIENTO	Días						
	1	5	10	15	20	25	30
AO	5.0	-	-	13.1	-	-	20.0
FO	6.0	-	-	11.4	-	-	18.9
SO	5.2	-	-	14.9	-	-	22.2
AA	4.9	-	-	15.4	-	-	28.0
FA	4.5	-	-	16.1	-	-	31.3
SA	5.1	-	-	16.8	-	-	35.0

PESOS (gr)							
TRATAMIENTO	Días						
	1	5	10	15	20	25	30
AO	-	-	-	-	-	-	82.0
FO	-	-	-	-	-	-	108.0
SO	-	-	-	-	-	-	88.3
AA	-	-	-	-	-	-	112.0
FA	-	-	-	-	-	-	101.0
SA	-	-	-	-	-	-	105.0

Fuente. Elaboración propia.

### 3.2.2. Análisis ANOVA para la altura

#### a. Lechuga orgánica:

Para realizar el análisis ANOVA establecemos la hipótesis nula y alternativa, siendo estas las siguientes:

$H_0: u_1 = u_2 = u_3$  (lo cual indica que las medias muestrales de los grupos correspondientes a los métodos empleados para el crecimiento de lechuga orgánica tales como “S.N. UNALM”, “S.N. FAO” y “S.N. SFP” son iguales).

$H_1: u_1 \neq u_2 \neq u_3$  (lo cual indica que las medias maestras de los grupos correspondientes a los métodos empleados para el crecimiento de lechuga orgánica tales como “S.N. UNALM”, “S.N. FAO” y “S.N. SFP” no son iguales).

Asimismo, para el análisis se considera un nivel de confianza del 95% y un valor de alfa del 5% o 0.05. En la tabla 13 se observa los datos de altura de la lechuga orgánica registrados.

**Tabla 13.** Datos de altura de *Lactuca sativa* L. variedad orgánica.

DATOS DE ALTURA (cm) L. ORGANICA							
TRATAMIENTO	DÍAS						
	1	5	10	15	20	25	30
UNALM	5.02	7.10	12.00	14.50	15.4	21.2	27.3
FAO	6.04	9.28	13.20	18.6	21.6	26.8	33
SFP	6.10	9.28	12.70	17.2	20.8	24.8	30

Fuente. Elaboración propia.

## ANOVA de un solo factor: CRECIMIENTO vs. TRATAMIENTO

### Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

*Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.*

### Información del factor

Factor	Niveles	Valores
TRATAMIENTO	3	SN FAO, SN SFP, SN UNALM

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	2	51.02	25.51	0.34	0.718
Error	18	1357.96	75.44		
Total	20	1408.98			

### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
8.68574	3.62%	0.00%	0.00%

### Medias

TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
SN FAO	7	18.36	9.63	(11.46, 25.26)
SN SFP	7	17.27	8.57	(10.37, 24.17)
SN UNALM	7	14.65	7.75	(7.75, 21.54)

*Desv.Est. agrupada = 8.68574*

Del análisis ANOVA de un solo factor podemos apreciar que el P valor es 0.718. Por lo tanto la decisión de aprobar o rechaza la hipótesis nula depende del siguiente criterio:

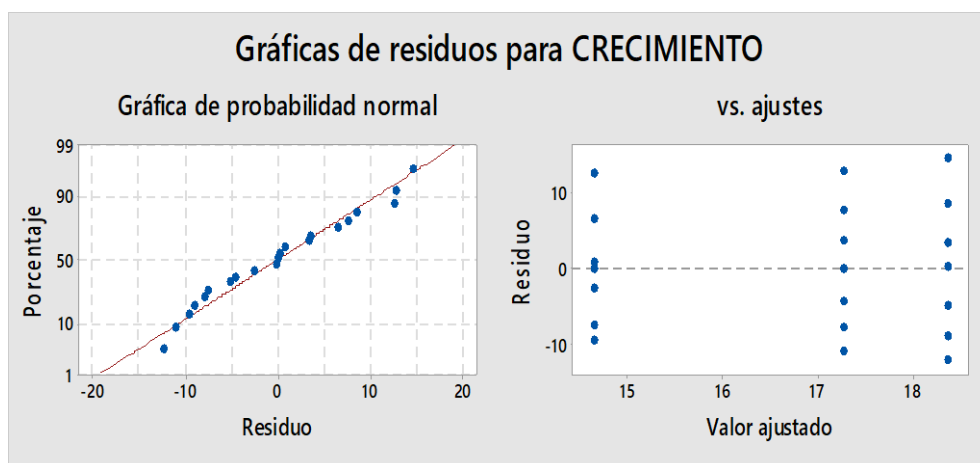
Si **P valor < alfa**, entonces se **rechaza la hipótesis nula**,

Si **P valor > alfa**, entonces se **aprueba la hipótesis nula**.

Para este caso P valor (0.718) es mayor al valor de alfa (0.05), por lo cual se aprueba la hipótesis nula, es decir, las medias muestrales de los grupos analizados son iguales. Lo cual indica que el emplear un método u otro de SN (solución nutritiva) no representan crecimientos diferenciados, es decir, no hay mucha diferencia entre las tasas de crecimiento.

No obstante a lo anterior mencionado, podemos indicar que el crecimiento de lechugas orgánicas empleando “S.N. FAO” presenta tasas relativamente mejores de crecimiento en la especie, puesto que la media Muestral es mayor a la de los grupos de crecimiento donde se empleó “S.N. UNALM” y “S.N. SFP”.

Los resultados anteriormente indicados también se sustentan en las siguientes gráficas.



**Gráfica 1.** Gráficas de residuos para Crecimiento.

**Fuente.** Elaboración propia utilizando ANOVA.

En la primera gráfica podemos apreciar que los valores tienden a una función de primer orden positivo, por lo cual vemos que se cumple el requisito de normalidad de datos (muestreo aleatorio satisfactorio).

En la segunda gráfica podemos apreciar que la magnitud de los valores ambos estudios van desde -10 hasta casi 10 siendo la diferencia mínima entre ellos cumpliendo con el criterio de igualdad de varianzas.

### b. Lechuga americana

Para realizar el análisis ANOVA establecemos la hipótesis nula y alternativa, siendo estas las siguientes:

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$  (lo cual indica que las medias muestrales de los grupos correspondientes a los métodos empleados para el crecimiento de lechuga americana tales como “S.N. UNALM”, “S.N. FAO” y “S.N. SFP” son iguales)

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$  (lo cual indica que las medias muestrales de los grupos correspondientes a los métodos empleados para el crecimiento de lechuga americana tales como “S.N. UNALM”, “S.N. FAO” y “S.N. SFP” no son iguales)

Asimismo, para el análisis se considera un nivel de confianza del 95% y un valor de alfa del 5% o 0.05. En la tabla 14 se observa los datos de altura de la lechuga americana registrados

**Tabla 14.** Datos de altura de *Lactuca sativa L. variedad americana*.

DATOS DE ALTURA (cm) L. AMERICANA							
TRATAMIENTO	DÍAS						
	1	5	10	15	20	25	30
UNALM	5.34	9.37	13.36	13.40	15.5	22.9	26.8
FAO	6.46	10.24	13.76	13.40	15	22.1	26.2
SFP	7.18	11.01	13.7	14.00	16	23.8	28.4

Fuente. Elaboración propia

## ANOVA de un solo factor: CRECIMIENTO vs. TRATAMIENTO

### Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

*Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.*

### Información del factor

Factor	Niveles	Valores
TRATAMIENTO	3	SN FAO, SN SFP, SN UNALM

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	2	4.920	2.460	0.05	0.954
Error	18	932.592	51.811		
Total	20	937.513			

### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
7.19796	0.52%	0.00%	0.00%

### Medias

TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
SN FAO	7	15.31	6.77	(9.59, 21.02)
SN SFP	7	16.30	7.37	(10.58, 22.01)
SN UNALM	7	15.24	7.44	(9.52, 20.95)

*Desv.Est. agrupada = 7.19796*

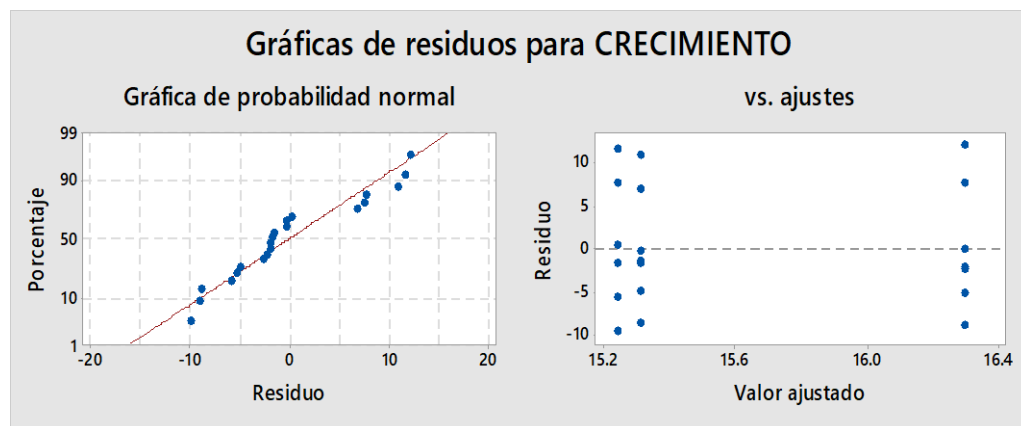
Del análisis ANOVA de un solo factor podemos apreciar que el P valor es 0.954. Por lo tanto, la decisión de aprobar o rechaza la hipótesis nula depende del siguiente criterio:

- Si **P valor < alfa**, entonces se rechaza la hipótesis nula,
- Si **P valor > alfa**, entonces se aprueba la hipótesis nula.

Para este caso P valor (0.954) es mayor al valor de alfa (0.05), por lo cual se aprueba la hipótesis nula, es decir, las medias muestrales de los grupos analizados son igual. Lo cual indica que el emplear un método u otro de SN (solución nutritiva) no representan crecimientos diferenciados, es decir, no hay mucha diferencia entre las tasas de crecimiento.

No obstante, a lo anterior mencionado, podemos indicar que el crecimiento de lechugas americanas empleando “S.N. SFP” presenta tasas relativamente mejores de crecimiento en la especie, puesto que la media Muestral es mayor a la de los grupos de crecimiento donde se empleó “S.N. UNALM” y “S.N. FAO”.

Los resultados anteriormente indicados también se sustentan en las siguientes gráficas.



**Gráfica 2.** Gráfica de residuos para crecimiento.

**Fuente.** Elaboración propia utilizando ANOVA.

En la primera gráfica podemos apreciar que los valores tienden a una función de primer orden positivo, por lo cual vemos que se cumple el requisito de normalidad de datos (muestreo aleatorio satisfactorio).

En la segunda gráfica podemos apreciar que la magnitud de los valores ambos estudios van desde -10 hasta superior al valor 10, siendo la diferencia mínima entre ellos cumpliendo con el criterio de igualdad de varianzas.

### 3.2.3. Análisis ANOVA para variedad de lechuga

Para realizar el análisis ANOVA establecemos la hipótesis nula y alternativa, siendo estas las siguientes:

**H0:  $\mu_1 = \mu_2$**  (lo cual indica que las medias muestrales de los grupos correspondientes al crecimiento en 30 días de “lechuga orgánica” y “lechuga americana” son iguales)

**H1:  $\mu_1 \neq \mu_2$**  (lo cual indica que las medias muestrales de los grupos correspondientes al crecimiento en 30 días de “lechuga inorgánica” y “lechuga americana” no son iguales)

Asimismo, para el análisis se considera un nivel de confianza del 95% y un valor de alfa del 5% o 0.05

## ANOVA de un solo factor: Altura vs. Tipo de lechuga

### Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

*Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.*

### Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Tipo de lechuga	2	L. Americana, L. Orgánica

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tipo de lechuga	1	51.23	51.23	0.89	0.352
Error	40	2308.98	57.72		
Total	41	2360.21			

### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
7.59766	2.17%	0.00%	0.00%

### Medias

Tipo de lechuga	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
L. Americana	22	15.13	7.05	(11.86, 18.41)
L. Orgánica	20	17.35	8.16	(13.91, 20.78)

*Desv.Est. agrupada = 7.59766*

Del análisis ANOVA de un solo factor podemos apreciar que el P valor es 0.352.



Por lo tanto, la decisión de aprobar o rechaza la hipótesis nula depende del siguiente criterio:

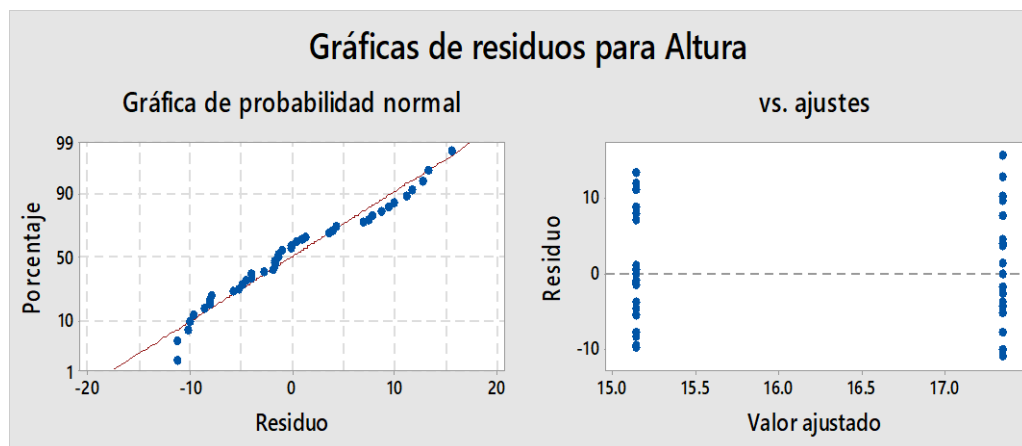
Si **P valor** < **alfa**, entonces se rechaza la hipótesis nula,

Si **P valor** > **alfa**, entonces se aprueba la hipótesis nula.

Para este caso P valor (0.352) es mayor al valor de alfa (0.05), por lo cual se aprueba la hipótesis nula, es decir, las medias muestrales de los grupos analizados son igual. Lo cual indica que el crecimiento entre las lechugas orgánicas y americanas no es diferenciado, es decir, no hay mucha diferencia entre las tasas de crecimiento.

No obstante, a lo anterior mencionado, podemos indicar que el crecimiento de “lechugas orgánicas” empleando presenta tasas relativamente mejores de crecimiento, puesto que la media Muestral es mayor a la del grupo “lechugas americanas”.

Los resultados anteriormente indicados también se sustentan en las siguientes gráficas.



**Gráfica 3.** Gráficas de residuos para altura.

**Fuente.** Elaboración propia utilizando ANOVA.

En la primera gráfica podemos apreciar que los valores tienden a una función de primer orden positivo, por lo cual vemos que se cumple el requisito de normalidad de datos (muestreo aleatorio satisfactorio).

En la segunda gráfica podemos apreciar que la magnitud de los valores ambos estudios van desde -10 hasta superior al valor 10. Esto indica la diferencia mínima entre ellos cumpliendo con el criterio de igualdad de varianzas.

### 3.2.4. pH y Conductividad Eléctrica (CE) promedio

El pH y la conductividad eléctrica promedio registrado durante los 30 días de evaluación se encuentra resumido en la siguiente tabla.

**Tabla 15.** Registro del pH y CE

<b>SOLUCIÓN NUTRITIVA</b>	<b>pH</b>	<b>C.E (ms/cm)</b>
UNALM	6.71	3.16
FAO	6.47	3.93
SFP	6.03	3.39

**Fuente.** Propia.

De la tabla se puede observar que las soluciones nutritivas que tienen un pH óptimo son de la FAO y de Smart Farm Perú, sin embargo, la solución nutritiva de la UNALM sobrepasa por 0.21 el rango de pH óptimo para una buena disponibilidad de nutrientes según Morocho, 2014. Esto se puede apreciar en el siguiente gráfico (figura 29):

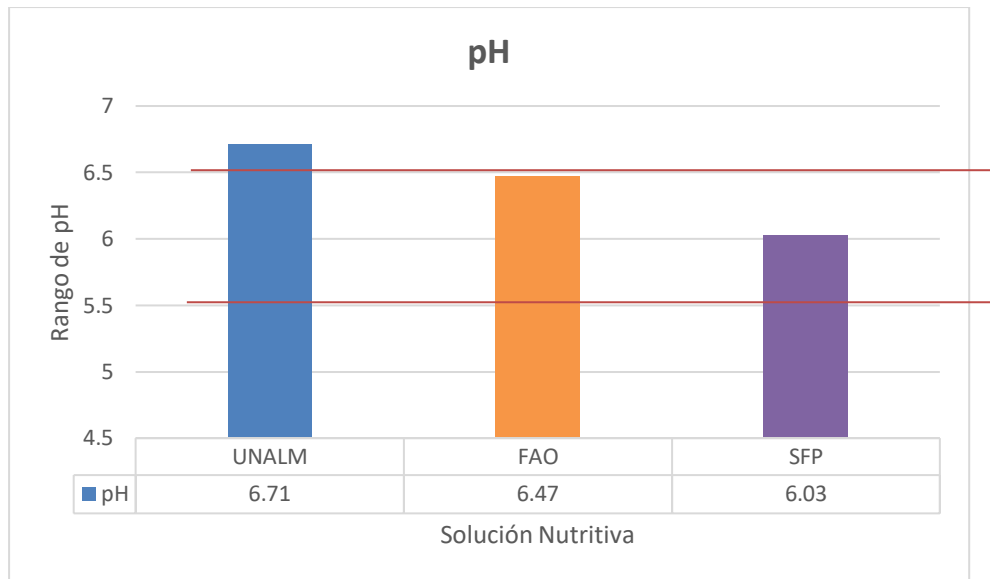


Figura 29. Comparación de pH.

Fuente. Propia.

Así mismo, de la tabla 19, también se puede observar que ninguna de las soluciones nutritivas tiene una CE óptimo, sin embargo, la solución nutritiva de la FAO es la que sobrepasa con mayor cantidad el rango adecuado de CE para que las plantas no se deshidraten, este rango es dada por la fuente de Hydro Environment (2008).

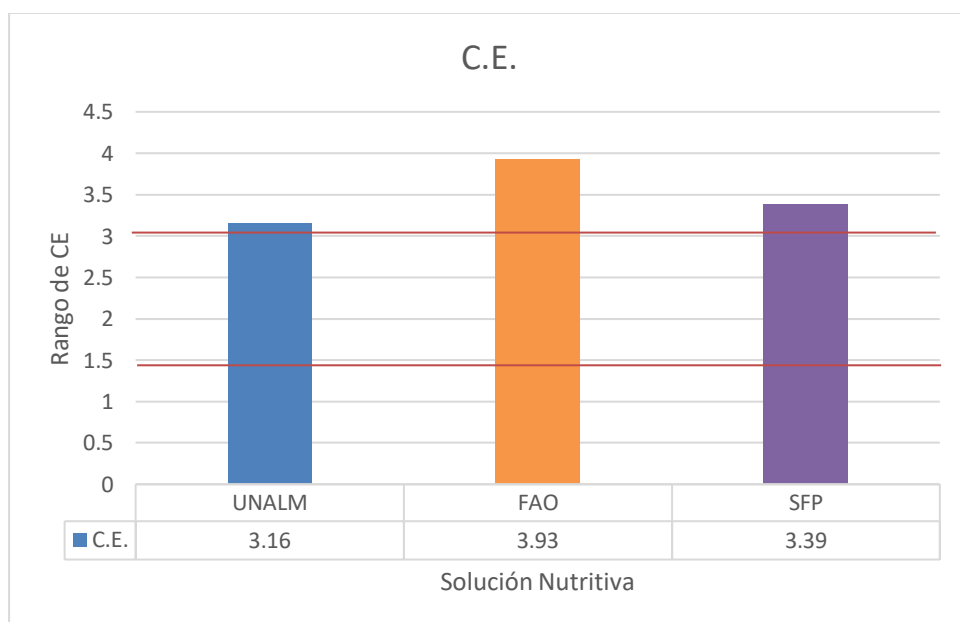


Figura 30. Comparación de C.E.

Fuente. Propia.

### 3.2.5. Rendimiento de las lechugas por tratamiento en función al peso

Los rendimientos por planta expresados en kg/ha se muestra en la tabla 16 donde refleja que la variedad americana con la solución la UNALM fue el tratamiento que alcanzó el mayor peso promedio por planta de 0,112 kg con un rendimiento de 17 920.00 kg/ha seguido por la variedad orgánica con un rendimiento de 17 280.00 kg/ha con las soluciones de la FAO.

**Tabla 16.** Rendimiento de las lechugas en función al peso.

TRATAMIENTO DE SOLUCIONES Y VARIEDADES		Prom. de peso Kg/planta	Prom. de peso Kg/m <sup>2</sup>	Prom. de peso Kg/ha
	UNALM	0.082	1.312	13,120.00
LECHUGA ORGANICA	FAO	0.108	1.728	17,280.00
	SFP	0.088	1.408	14,080.00
	UNALM	0.112	1.792	17,920.00
LECHUGA AMERICANA	FAO	0.101	1.616	16,160.00
	SFP	0.105	1.68	16,800.00

Fuente. Propia.

De la tabla 16 se puede observar que el rendimiento mayor es de la lechuga americana con un total de 50,880.00 Kg/ha, seguido de la lechuga orgánica con un total de 44,480.00 Kg/ha.

### 3.2.6. Análisis Beneficio/Costo

#### 3.2.6.1. Análisis Beneficio/Costo S.N UNALM

El análisis costo beneficio se determinó con el flujo de caja económico utilizando la Solución Nutritiva de la UNALM detallado en la tabla 17.

**Tabla 17.** Flujo de Caja económico de la S.N UNALM.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>INGRESOS</b>						
<i>Ventas de lechugas</i>		S/ 480.00	S/ 480.00	S/ 480.00	S/ 480.00	S/ 480.00
<b>Total de Ingresos</b>	S/ 0.00	S/ 480.00	S/ 480.00	S/ 480.00	S/ 480.00	S/ 480.00
<b>EGRESOS</b>						
<i>Inversión</i>	-S/ 1,176.20					
<b>Gastos fijos</b>		-S/150 .00	-S/150 .00	-S/150 .00	-S/150 .00	-S/150 .00
<b>Total egresos</b>	-S/ 1,176.20	-S/150 .00	-S/150 .00	-S/150 .00	-S/150 .00	-S/150 .00
<b>FLUJO DE CAJA ECONOMICO</b>	-S/ 1,176.20	S/ 330.00	S/ 330.00	S/ 330.00	S/ 330.00	S/ 330.00

Fuente. Elaboración propia.

**Tasa de descuento: 15%**

– VA: S/ 1,106.21

– Inversión: -S/ 910.20

– **VAN: S/ 196.01**

**Es rentable ya que el VAN>0**

– **TIR: 24%**

**Rentable porque TIR>15%**

– B/C: S/ 1,106.21 / S/ 910.00

– **B/C: 1.22**

**Es mayor a 1, por lo tanto, es rentable.**

Según los datos obtenidos con el VAN (Valor Actual Neto), TIR (Tasa Interno de Retorno) y B/C (beneficio/costo) el proyecto hidropónico NFT con Solución Nutritiva de la UNALM es RENTABLE para los 5 años analizados.

### 3.2.6.2. Análisis Beneficio/Costo S.N FAO

El análisis costo beneficio se determinó con el flujo de caja económico utilizando la Solución Nutritiva de la FAO detallado en la tabla 18.

**Tabla 18.** Flujo de Caja económico de la SN FAO

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>INGRESOS</b>						
<i>Ventas de lechugas</i>		S/ 480.00	S/ 480.00	S/ 480.00	S/ 480.00	S/ 480.00
<b>Total de Ingresos</b>	S/ 0.00	S/ 480.00	S/ 480.00	S/ 480.00	S/ 480.00	S/ 480.00
<b>EGRESOS</b>						
<i>Inversión</i>	-S/1,176.20					
<i>Gastos fijos</i>		-S/430.00	-S/ 430.00	-S/430.00	-	-S/430.00
<b>Total egresos</b>	-S/ 1,176.20	-S/ 430.00	-S/ 430.00	-S/430.00	-	-S/430.00
<b>FLUJO DE CAJA ECONOMICO</b>	-S/ 1,176.20	S/ 50.00	S/ 50.00	S/ 50.00	S/ 50.00	S/ 50.00

Fuente. Elaboración propia.

**Tasa de descuento: 15%**

- VA: S/ 167.61
- Inversión: -S/ 1,176.20
- **VAN: S/ -1,008.59**

**NO es rentable ya que el VAN<0**

- **TIR: -36%**

### NO es rentable porque TIR<15%

– B/C: S/ 167.61 / S/ 1176.20

– **B/C: 0.14**

**Es menor a 1, por lo tanto, no es rentable.**

Según los datos obtenidos con el VAN (Valor Actual Neto), TIR (Tasa Interno de Retorno) y B/C (beneficio/costo) el proyecto hidropónico NFT con Solución Nutritiva de la FAO no es RENTABLE para los 5 años analizados.

### 3.2.6.3. Análisis Beneficio/Costo S.N SMART FARM PERU

El análisis costo beneficio se determinó con el flujo de caja económico utilizando la Solución Nutritiva de Smart Farm Perú detallado en la tabla 19.

**Tabla 19.** Flujo de Caja Económico de SN SFP

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>INGRESOS</b>						
<i>Ventas de lechugas</i>		S/ 480.00	S/ 480.00	S/ 480.00	S/ 480.00	S/ 480.00
<b>Total de Ingresos</b>	S/ 0.00	S/ 480.00	S/ 480.00	S/ 480.00	S/ 480.00	S/ 480.00
<b>EGRESOS</b>						
<i>Inversión</i>	-S/ 768.20					
<i>Gastos fijos</i>		-S/ 128.00	-S/ 128.00	-S/ 128.00	-S/ 128.00	-S/ 128.00
<b>Total egresos</b>		-S/ 128.00	-S/ 128.00	-S/ 128.00	-S/ 128.00	-S/ 128.00
<b>FLUJO DE CAJA ECONOMICO</b>	-S/ 768.20	S/ 352.00	S/ 352.00	S/ 352.00	S/ 352.00	S/ 352.00

Fuente. Elaboración propia.

**Tasa de descuento: 15%**

– VA: S/ 1,179.96

– Inversión: -S/ 768.20

– **VAN: S/ 411.76**

Es rentable ya que el VAN>0

– **TIR: 36%**

Rentable porque TIR>15%

– B/C: S/ 1,179.96 / S/ 768.20

– **B/C: 1.54**

Es mayor a 1, por lo tanto, es rentable.

Según los datos obtenidos con el VAN (Valor Actual Neto), TIR (Tasa Interno de Retorno) y B/C (beneficio/costo) el proyecto hidropónico NFT con Solución Nutritiva de Smart Farm Perú es RENTABLE para los 5 años analizados.



## CONCLUSIONES

Al concluir la investigación de “Evaluación de tres soluciones nutritivas para la producción de dos variedades de lechugas, *Lactuca sativa L.*, bajo condiciones hidropónicas mediante el sistema de flujo laminar de nutrientes NFT” se efectuaron las siguientes conclusiones a los 30 días de evaluación:

– Se registró una respuesta positiva en el cultivo de ambas variaciones de lechuga, *Lactuca sativa L.*, (americana y orgánica) obteniendo un buen desarrollo de estas durante la etapa de evaluación (tamaño, hojas y peso), utilizando las tres soluciones nutritivas: S.N UNALM, S.N FAO y S.N de Smart Farm Perú, bajo condiciones hidropónicas mediante el sistema de Flujo Laminar de Nutrientes NFT.

– Para el cultivo de las lechugas variedad orgánica se determinó a través análisis de varianzas ANOVA que el emplear un método u otro de SN (solución nutritiva) no representan crecimientos diferenciados, es decir, no hay mucha diferencia entre las tasas de crecimiento, sin embargo, cabe destacar que la solución nutritiva más favorable fue S.N. FAO, ya que su media alcanzo 18.36, seguido de la S.N. SFP con una media de 17.27 y finalmente la SN. UNALM obtuvo una media de 14.65, por ende podemos indicar que el crecimiento de lechugas orgánicas empleando “S.N. FAO” presenta tasas relativamente mejores de crecimiento en la especie, puesto que la media Muestral es mayor a la de los grupos de crecimiento donde se empleó “S.N. UNALM” y “S.N. SFP”.

Para el cultivo de las lechugas variedad americana se determinó a través análisis de varianzas ANOVA que el emplear un método u otro de SN (solución nutritiva) no representan crecimientos diferenciados, es decir, no hay mucha diferencia entre las tasas de crecimiento, sin embargo, cabe destacar que la solución nutritiva más favorable fue S.N. SFP, ya que su media alcanzo 16.30, seguido de la S.N. FAO con una

media de 15.31 y finalmente la SN. UNALM obtuvo una media de 15.24, por ende, podemos indicar que el crecimiento de lechugas americanas empleando “S.N. SFP” presenta tasas relativamente mejores de crecimiento en la especie, puesto que la media Muestral es mayor a la de los grupos de crecimiento donde se empleó “S.N. FAO” y “S.N. UNALM”.

– Al realizar el análisis de varianza ANOVA para identificar a la variedad de lechuga que obtuvo mayor desarrollo en cuanto al crecimiento, independientemente de la solución nutritiva, se obtuvo que el crecimiento entre las lechugas orgánicas y americanas no es diferenciado, es decir, no hay mucha diferencia entre las tasas de crecimiento, sin embargo se puede indicar que el crecimiento de “lechugas orgánicas” empleando presenta tasas relativamente mejores de crecimiento, puesto que la media Muestral es mayor a la del grupo “lechugas americanas”, obteniendo una media de 17.35 y 15.13 respectivamente.

– La variedad de lechuga, *Lactuca sativa L.*, que ofrece el mayor rendimiento es la lechuga “americana”, ya que alcanzó el mayor peso promedio por planta y un rendimiento de 17 920.00 Kg/ha seguido por la variedad orgánica 17, 280.00 kg/ha con las solución de la UNALM hasta los 30 días de evaluación, para su producción bajo condiciones hidropónicas mediante el sistema de Flujo Laminar de Nutrientes NFT, independientemente del tipo de solución nutritiva.

– El estudio de B/C (beneficio/costo) demostró que el proyecto de investigación de cultivo hidropónico en sistema NFT es viable, es decir rentable para los 5 años de evaluación, utilizando solamente las soluciones nutritivas de la UNALM y de Smart Farm Perú, debido a que la S.N de la FAO significa un elevado costo fijo por los insumos que se encuentran en su solución.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda por las “conclusiones obtenidos” en el presente proyecto de investigación, cultivar ambas variedades de lechugas (orgánica y americana) para sistemas hidropónicos, ya que, no representan una variación significativa en el desarrollo, obteniendo datos similares en el peso, tamaño y otros datos fenológicos de las hortalizas ya mencionadas.
  
- Las tres soluciones nutritivas utilizadas en el presente proyecto de investigación son buenas opciones para ser utilizados en un sistema hidropónico casero ya que el emplear un método u otro de SN (solución nutritiva) no representan crecimientos diferenciados, sin embargo, cabe destacar que la solución nutritiva más favorable fue S.N. FAO, sin embargo al evaluar la viabilidad del proyecto hidropónico con la solución nutritiva ya mencionada nos arroja un resultado no rentable; es por ello que se recomienda esta solución nutritiva para un sistema casero y para un proyecto de inversión se recomienda las otras soluciones nutritivas evaluadas (SN UNALM y SN FAO).
  
- Se recomienda el proyecto de investigación de hidroponía en el sistema NFT, ya que se puede aprovechar al máximo el espacio porque se puede obtener un mayor número de plantas en un menor espacio, sin embargo para la ubicación del sistema hidropónico se tiene que tener en cuenta la ubicación del sol.
  
- En base a la formación agronómica, se recomienda incentivar proyectos de sistemas hidropónicos con fines de promover la agricultura urbana con fines del reaprovechamiento de espacios, de tal manera contribuir con la educación ambiental fomentando este tipo de agricultura del futuro.

## BIBLIOGRAFÍA

Agritotal.com. (s.a). *El fertiriego es la solución*. Recuperado de:  
<http://www.agritotal.com>

Barrios N. (2004). *Evaluación del cultivo de la Lechuga, Lactuca sativa L, bajo condiciones hidropónicas en Pachalí, San Juan Sacatepéquez, Guatemala* (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Cajo A. (2016). *Producción hidropónica de tres variedades de lechuga (Lactuca sativa L.), bajo el sistema NFT, con tres soluciones nutritivas* (proyecto de investigación). Universidad Técnica de Ambato, Cevallos, Colombia.

Calderón, F. (2004). *La solución nutritiva*. Bogotá. D.C.

Carrasco, G. e Izquierdo, J. (1996). *La empresa hidropónica de mediana escala: La técnica de la solución nutritiva recirculante ("NFT")*. Talca, Chile: Editorial Universidad de Talca.

Casas de cultivo. (2010). *Raíz en sustrato sólido con sistema de circulación de nutriente hidropónico*. Recuperado de:  
<http://casasdecultivo1.blogspot.com/2010/02/raiz-en-sustrato-solido-con-sistema-de.html>

Castillo, C. (2001). *La hidroponía como alternativa de producción vegetal*. Recuperado de: <http://chcastillo.tripod.com/hidroponia/concepto.htm> (2 of 2)

Catata L. (2015). *Comparativo de Variedades de Lechuga (Lactuca sativa L.) y soluciones nutritivas en cultivo hidropónico, en sistema "NFT" tipo piramidal, bajo condiciones de invernadero en Arequipa* (tesis de pre grado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Yanahuara, Arequipa

Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral (s.a). *Sistema de sustrato en contenedores*. Recuperado de <http://www.lamolina.edu.pe>

CONtexto ganadero, (2018). *Conozca en que consiste la capacidad buffer del suelo*. Recuperado de: <https://www.contextoganadero.com>

Contreras, R. (2016). *Autogamia*. Biología La Guía. Recuperado de: <https://biologia.laguia2000.com>

Cosechando Natural. (2017). *Esquema de un sistema hidropónico*. Recuperado de: <https://www.cosechandonatural.com.mx>

Cruz A. (2016). *Evaluación de tres variedades de cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.) en dos sistemas de hidroponía bajo ambiente semi controlado en el centro experimental Chocloca* (Trabajo de investigación). Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Chocloca, Bolivia.

Cueva M., Castañeda F., Guerrero N., Marreros K., Navarrete K., Urteaga E. & Vidal D. (2018). *Implementación de huerto hidropónico en vivienda Asentamiento Humano Torres de San Borja – Moche – La Libertad* (proyecto de investigación). Universidad Privada del Norte, Moche, La Libertad.

Garzón, S. (2006). *Evaluación del rendimiento de tres variedades de lechuga bajo el sistema NFT (Nutrient Film Technique) de hidroponía con dos soluciones de nutrientes*. (Tesis en ciencias y producción agropecuarias). Zamorano. Honduras.

Gilsanz J. (Ed.) (2007). *Hidroponía*. Montevideo, Uruguay: INIA. Recuperado de: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/520/1/11788121007155745.pdf>

Gran Diccionario de la Lengua Española. (2016). *Acogollar*. Recuperado el 12 de mayo 2019 de: <https://es.thefreedictionary.com/acogollar>.

Guash (s.a). *Informe de producto: Lechuga Waldman's Green*. Recuperado de <http://guasch.com.ar/ficha.php?idVariedad=159>

Guash (s.a). *Informe de producto: Lechuga Great Lakes*. Recuperado de <http://guasch.com.ar/ficha.php?idVariedad=156>

Hydro Environment. (2008). *Sistema Nutrient Film Technique*. Recuperado de: <http://hydroenv.com>.

Lara, A. (1999). *Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía*. Terra latinoamericana, 17(3), 221-229.

Larousse Gran Diccionario. (2016). *Gran Diccionario de la Lengua Española - 2016*. Recuperado el 12 de mayo de 2019 de: <https://es.thefreedictionary.com/pivotante>

Mafla, E. (2015). *Respuesta de tres variedades de lechuga (Lactuca sativa L.) Con tres niveles de fertilización en producción hidropónica en la zona de Ibarra, Provincia de Imbabura*. (Tesis de Ingeniero Agrónomo). Universidad técnica de Babahoyo. El Ángel –Ecuador.

Medina, F. (2017, 29 de marzo). Necesidades nutricionales y de riego de la lechuga. *Granja Agrícola Experimental del Cabildo de Gran Canaria*. Recuperado de: <http://anuariosatlanticos.casacolonia.com/index.php/GRANJA/article/view/9945/9461>

Ministerio de Agricultura. (2019). *Precio promedio de lechuga*. Recuperado de: <http://sistemas.minagri.gob.pe/sisap/portal2/mayorista/#>

- Morocho O. (2014). *Evaluación del cultivo de la lechuga (Lactuca sativa L.) Variedad Boston asociado con Azolla spp más guano de isla en cultivo hidropónico en el distrito de Lircay Angaraes – Huancavelica* (tesis de pre grado). Universidad Nacional de Huancavelica, distrito Lircay, Angaraes, Huancavelica.
- Pérez, G. & Luque, A. (1974). *Cultivo hidropónico de lechugas*. Libro español.
- Reyes, C. (2009). *Evaluación de híbridos de tomate (Lycopersicon Esculentum mill.) en hidroponía aplicando bioestimulante jisamar en el cantón La Libertad* (tesis de pregrado). Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad, Ecuador.
- Rodríguez, D. (2018). *Comparación de dos técnicas hidropónicas, flujo laminar de nutrientes y raíz flotante para la producción de lechuga (Lactuca sativa L.) en el centro experimental de Cota Cota* (tesis de pregrado). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Rodriguez, D. (2004). *Manual práctico de hidroponía*. 4 ed. Lima, Mekanobooks. 99 p.
- Ruíz, S. (1997). *Hidroponía básica: el cultivo fácil y rentable de plantas sin tierra*. 1 ed. México, Diana. 153 p.
- Saavedra, G., Corradini, F., Antúnez, A., Felmer, S., Estay, P. y Sepúlveda, P. (2017). *Manual de producción de lechuga*. INIA - Instituto de Investigación Agropecuaria, ISSN 0717 – 4829 (09), 19.

## ANEXOS



**Anexo N°1.** Armado de la estructura hidropónica.



**Anexo N°2.** Instalación eléctrica del timer en el sistema.





**Anexo N°3.** Crecimiento de las plántulas de lechugas en el almaciguero.



**Anexo N°4.** Retiro de las plántulas de lechuga de la almaciguera.



**Anexo N°5.** Trasplante de las plántulas de lechuga a los vasos hidropónicos.



**Anexo N°6.** Sistema hidropónico culminado.



**Anexo N°7.** Preparación de la Solución Nutritiva A y B de la UNALM.



**Anexo N°8.** Preparación de la Solución Nutritiva A y B de Smart Farm Perú.



**Anexo N°9.** Preparación de la Solución Nutritiva A y B de la FAO.



**Anexo N°10.** Control de la CE (conductividad eléctrica) y pH de la solución nutritiva preparada.



**Anexo N°11.** Control de crecimiento de las lechugas.



**Anexo N°12.** Guiado al público sobre el proyecto hidropónico.



**Anexo N°13.** Control de peso de las lechugas.



**Anexo N°14.** Estado final de las lechugas monitoreadas.



**Anexo N°15.** Cosecha de las lechugas hidropónicas.



**Anexo N°16.** Preparación de las lechugas hidropónicas.

## Anexo N°17. PRESUPUESTO

### a. Materiales

MATERIALES							
CANTIDAD	DESCRPCIÓN	CARACTERISTICA	PRECIO POR UNIDAD	PRECIO TOTAL			
3	Unid.	Jeringa de 3 cc	3 cc	S/	0.50	S/	1.50
1	Unid.	Probeta de vidrio	100 ml	S/	17.50	S/	17.50
1	Unid.	Vaso precipitado	1000 ml	S/	20.00	S/	20.00
1	Unid.	Jarra de medida	1 Lt	S/	5.00	S/	5.00
6	Unid.	Tuvo de PVC	Æ 4"	S/	24.00	S/	144.00
3	Unid.	Tapón	Æ 3/4"	S/	2.00	S/	6.00
3	Unid.	Tapón	Æ 1/2"	S/	1.90	S/	5.70
36	Unid.	Tapón	Æ 4"	S/	3.50	S/	126.00
1	Unid.	Pegamento	para PVC	S/	8.00	S/	18.00
2	Unid.	Tubo	Æ 3/4"	S/	9.00	S/	38.00
2	Unid.	Tubo	Æ 1/2"	S/	5.50	S/	31.00
6	Unid.	Codos	Æ 3/4"	S/	2.00	S/	12.00
100	Unid.	Vasos hidropónicos	Æ 5 cm	S/	0.50	S/	50.00
12	Unid.	Esponja o hule	-	S/	1.00	S/	12.00
3	Unid.	Bidones de polietileno	60 Lt.	S/	0.00	S/	120.00
5	Mt.	Manguera	Æ 3/8"	S/	2.00	S/	10.00
5	Mt.	Manguera	Æ 1/4"	S/	1.80	S/	9.00
1	Unid.	Silicona para PVC		S/	7.90	S/	17.90
6	Unid.	Soldadura	Punto azul	S/	3.90	S/	83.40
15	Mt.	Fierro		S/	10.00	S/	150.00
1	Paqt.	Cintillo		S/	11.90	S/	11.90
1	Gal.	Esmalte	Blanco	S/	33.00	S/	33.00
6	Unid.	Guantes		S/	1.00	S/	6.00
1	Gal.	Thinner		S/	9.50	S/	9.50
1	Unid.	Interruptor		S/	4.50	S/	14.50
20	Mt.	Cable vulcanizado		S/	7.50	S/	150.00
1	Unid.	Cinta aislante		S/	5.00	S/	5.00
1	Unid.	Cinta vulcanizada		S/	20.00	S/	20.00
3	Unid.	Pila AAA		S/	1.50	S/	4.50
7	Unid.	Enchufe hembra y macho		S/	5.00	S/	105.00
2	Unid.	Teflón		S/	2.20	S/	4.40
1	Unid.	Varilla		S/	5.00	S/	5.00
1	Unid.	Espátula		S/	14.90	S/	14.90
1	Unid.	Wincha		S/	23.00	S/	23.00
1	Unid.	Nivel		S/	15.90	S/	15.90
1	Unid.	Cuter		S/	1.50	S/	1.50

1	Unid.	Desarmador	S/	7.50	S/	7.50
1	Unid.	Hoja sierra	S/	4.00	S/	4.00
2	Unid.	Bandeja de germinación	S/	0.00	S/	20.00
<b>TOTAL</b>					<b>S/ 1,332.60</b>	

## b. Insumos

INSUMOS							
CANTIDAD	DESCRPCIÓN	CARACTERÍSTICA	PRECIO POR UNIDAD	PRECIO TOTAL			
2	pqte	Semillas de lechuga	orgánica y americana	S/ 5.90	S/ 11.80		
1	sol.	Solución nutritiva UNALM	A y B	S/ 30.00	S/ 30.00		
12	gal.	Agua destilada	Vol 20 Lt	S/ 15.00	S/ 180.00		
5	Kg.	Tierra preparada para almácigos		S/ 1.80	S/ 9.00		
1.5	kg.	Nitrato de potasio		S/ 22.00	S/ 33.00		
2.5	kg.	Nitrato de Calcio		S/ 40.00	S/ 100.00		
0.5	kg.	Fosfato Monoamónico		S/ 60.00	S/ 30.00		
1	kg.	Sulfato de Magnesio		S/ 25.00	S/ 25.00		
1.5	Kg.	Nitrato de Magnesio		S/ 20.00	S/ 30.00		
0.2	kg.	Sulfato de Manganeso		S/ 30.00	S/ 6.00		
0.1	kg.	Sulfato de Cobre		S/ 35.00	S/ 3.50		
0.1	Kg.	Sulfato de Zinc		S/ 35.00	S/ 3.50		
0.1	Kg.	Sulfato de Cobre		S/ 30.00	S/ 3.00		
0.1	Kg.	Ácido Bórico		S/ 20.00	S/ 2.00		
0.1	gr.	Molibdato de Amonio		S/ 30.00	S/ 3.00		
0.5	Kg.	Quelato de Hierro		S/ 120.00	S/ 60.00		
1	sol.	Solción nutritiva Smart Farm P.	A y B	S/ 22.00	S/ 22.00		
<b>TOTAL</b>					<b>551.80</b>		

**c. Equipos**

<b>EQUIPOS</b>					
<b>CANTIDAD</b>		<b>DESCRPCIÓN</b>		<b>PRECIO POR UNIDAD</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
3	Und.	Bomba de agua	S/	70.00	S/ 210.00
1	Und.	Conductímetro	S/	99.00	S/ 99.00
3	Und.	Timer	S/	70.00	S/ 210.00
1	Und.	pHmetro	S/	89.00	S/ 89.00
1	Und.	Balanza analítica	S/	100.00	S/ 100.00
<b>TOTAL</b>					<b>S/ 708.00</b>

**d. Gabinete**

<b>GABINETE</b>					
<b>CANTIDAD</b>		<b>DESCRPCIÓN</b>		<b>PRECIO POR UNIDAD</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
1	Doc.	Lapicero	S/	0.50	S/ 6.00
1	Und.	Bitácora	S/	3.00	S/ 6.00
1	Und.	Regla	S/	1.00	S/ 1.00
1		Otros	S/	500.00	S/ 500.00
<b>TOTAL</b>					<b>S/ 513.00</b>

**e. Otros:**

<b>OTROS</b>					
<b>CANTIDAD</b>		<b>DESCRPCIÓN</b>		<b>PRECIO POR UNIDAD</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
15		Asesorías	S/	100.00	S/ 1500.00
1		Instalación	S/	200.00	S/ 200.00
1		Transporte	S/	300.00	S/ 300.00
4 meses		Consumo eléctrico	S/	10.00	S/ 10.00
<b>TOTAL</b>					<b>S/ 2010.00</b>



El presupuesto total es:

<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	
Materiales	S/. 1,332.60
Insumos	S/. 551.80
Equipos	S/. 708.00
Gabinete	S/. 513.00
Otros	S/ 2010.00
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 5,115.40</b>

**Anexo N°18. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

ACTIVIDADES	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Compra de materiales	X		X	X																
Preparación de almácigos		X			X															
Construcción del sistema NFT					X	X	X													
Preparación de soluciones nutritivas							X													
Trasplante de plántulas								X												
Monitoreo del sistema NFT								X	X	X	X	X								
Cosecha												X								
Análisis de resultados										X		X	X							
Redacción del trabajo de suficiencia profesional									X	X		X	X	X						
Primera presentación del trabajo de suficiencia profesional										X										
Levantamiento de observaciones												X								
Análisis final de los resultados												X								

Segunda presentación del trabajo de suficiencia profesional														X							
Levantamiento de observaciones															X						
Preparación del PPT																X	X				
Sustentación																		X			