



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



**EVALUACIÓN DEL CULTIVO DE LA LECHUGA (*Lactuca sativa*  
L.) BAJO CONDICIONES HIDROPÓNICAS EN PUNO-PERÚ.**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. JESSICA PILCO QUISPE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

**PUNO – PERÚ**

**2022**



## DEDICATORIA

*A Dios por estar conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar y superar todos los obstáculos de la vida.*

*A mi querida madre Luisa Quispe Phalañ, esta tesis te la dedico porque estuviste siempre ahí brindándome tu mano amiga dándome a cada instante una palabra de aliento para llegar a culminar mi profesión, siendo una mujer fuerte y luchadora que ha dado todo por sus hijos, pues nunca hubo para ella impedimento mayor que haga que su amor y dedicación logre formar una mujer de bien, gracias por tus consejos, gracias por cada abrazo, cada beso, gracias por todo mamá, me hubiera gustado que estuvieras aquí. Hoy llegue a cumplir nuestro sueño más anhelado. Descansa en paz mamá.*

*A mi padre Héctor Pilco Copacati, por su apoyo incondicional, por los valores inculcados, por su comprensión, trabajo y sacrificios en todos mis años de vida.*

*A mis hermanos Jeferson y Elva Magaly, mis animadores incansables a lo largo de estos días, les agradezco eternamente y por estar a mi lado apoyándome y animándome y por esperar de mí lo mejor y estar siempre unidos en los buenos y malos momentos que tuvimos que pasar por que con ustedes nunca me sentí sola.*

*A mi abuelito Marcelino Quispe Apazañ que, aunque ya no se encuentre con nosotros físicamente, siempre estará presente en mi corazón, por haber creído en mí hasta el último momento.*

*Jessica Pilco Quispe*



## AGRADECIMIENTOS

*A la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, a la Facultad de Ciencias Biológicas, Mención Ecología, que me ha recibido con las puertas abiertas y me han formado como profesional.*

*A los docentes de la FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS de la UNA- Puno, por haber contribuido con sus conocimientos y experiencias a lo largo de mi formación profesional.*

*A mi director de tesis, M.Sc. Gilmar Gamaliel Goyzueta Camacho, por su apoyo, orientación y asesoramiento en el presente trabajo de investigación.*

*A los miembros del jurado: Mg. Martha Elizabeth Aparicio Saavedra, Mg. María Isabel Vallenas Gaona y MSc. Jesús Miranda Mamani, por la revisión y colaboración en la culminación de la presente investigación.*

*Al Dr. Ángel Canales, jefe de la Oficina de Gestión Ambiental de la UNA-Puno. Por darme la oportunidad y confianza de ejecutar mi proyecto de tesis en el Invernadero de Investigación Formativa Ambiental y por su apoyo profesional e incondicional en las diferentes etapas del trabajo, en la orientación, sugerencias y observaciones.*

*Al Blgo. Cesar Lipa, por el apoyo en el proceso de ejecución de mi proyecto de investigación, por sus recomendaciones, consejos y paciencia.*

*A mi querida amiga y consejera Madeleine Quispe, quien me ha apoyado siempre, orientado y animado en todo momento de manera incondicional y por las alegrías y experiencias compartidas.*

*A Rodreing Flores, por su apoyo incondicional, por sus palabras de aliento y por ser parte de esta aventura desde el inicio hasta el final.*

*A mis amigos: Carolina, Lourdes, Jordy y Dani, por confiar y creer en mí y haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidare.*

*Y a todas aquellas personas que, de una u otra forma, colaboraron y participaron en la ejecución de esta investigación, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.*

**¡MUCHAS GRACIAS!**



## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN ..... 13

ABSTRACT..... 14

### CAPÍTULO I

#### INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVO GENERAL ..... 16

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS ..... 16

### CAPÍTULO II

#### REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES ..... 17

2.2 MARCO TEORICO ..... 20

2.2.1 La lechuga (*Lactuca sativa* L.)..... 20

2.2.1.1 Origen de la lechuga ..... 20

2.2.1.2 Descripción taxonómica ..... 21

2.2.1.3 Descripción botánica ..... 22

2.2.1.4 Fenología de la lechuga ..... 22

2.2.1.5 Valor nutricional y económico ..... 23

2.2.1.6 Propiedades medicinales ..... 25

2.2.1.7 Variedades de la lechuga..... 25

2.2.1.8 Waldmans Green ..... 26

2.2.1.9 Plagas, Enfermedades y Virus..... 27



<b>2.2.2 Hidroponía.....</b>	<b>27</b>
<b>2.2.2.1 Historia de la hidroponía .....</b>	<b>28</b>
<b>2.2.2.2 Cultivo hidropónico.....</b>	<b>32</b>
<b>2.2.2.3 Importancia de la hidroponía.....</b>	<b>33</b>
<b>2.2.2.4 Sistemas de producción hidropónica .....</b>	<b>33</b>
<b>2.2.2.5 Sistema hidropónico con sustrato liquido .....</b>	<b>34</b>
<b>2.2.2.6 Etapas del sistema raíz flotante.....</b>	<b>35</b>
<b>2.2.2.7 Funciones de los elementos nutritivos para las plantas .....</b>	<b>36</b>
<b>2.2.2.8 Factores a considerar en la producción de cultivos hidropónicos</b>	<b>37</b>
<b>2.2.2.9 Ventajas y desventajas de los cultivos hidropónicos .....</b>	<b>39</b>
<b>2.2.3 Abonos orgánicos .....</b>	<b>41</b>
<b>2.2.3.1 Estiércol .....</b>	<b>41</b>
<b>2.2.3.2 Estiércol de cuy .....</b>	<b>42</b>
<b>2.2.3.3 Estiércol de ovino.....</b>	<b>43</b>
<b>2.2.3.4 Estiércol de vacuno.....</b>	<b>43</b>
<b>2.2.4 Biol.....</b>	<b>44</b>
<b>2.2.4.1 Principales funciones del biol .....</b>	<b>45</b>
<b>2.2.4.2 Tiempo de fermentación del biol.....</b>	<b>46</b>
<b>2.2.4.3 Ventajas del biol .....</b>	<b>46</b>
<b>2.2.4.4 Desventajas del Biol.....</b>	<b>46</b>
<b>2.2.4.5 Cosecha del biol .....</b>	<b>47</b>
<b>2.2.4.6 Almacenamiento del biol.....</b>	<b>47</b>

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

<b>3.1 ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>48</b>
<b>3.1.1 Registro climatológico del invernadero .....</b>	<b>48</b>
<b>3.2 TIPO DE ESTUDIO .....</b>	<b>49</b>



<b>3.3 METODOLOGÍA POR OBJETIVOS ESPECIFICOS .....</b>	<b>50</b>
<b>3.3.1 Evaluar las características fenotípicas de la lechuga hidropónica en respuesta a la aplicación de las soluciones nutritivas a base de biol de cuy, ovino y vacuno en condiciones de invernadero. ....</b>	<b>50</b>
3.3.1.1 Elaboración del biol.....	50
3.3.1.2 Análisis Químico del biol de cuy, ovino y vacuno.....	52
3.3.1.3. Análisis Físico-químico del agua. ....	53
3.3.1.4. Material experimental.....	54
3.3.1.5. Metodología de la instalación del experimento.....	54
3.3.1.6. Características del campo experimental .....	58
3.3.1.7. Factores de estudio .....	60
3.3.1.8. Diseño experimental .....	61
3.3.1.9. Frecuencia y muestreo .....	61
3.3.1.10. Aplicación de bioestadística.....	62
<b>3.3.2 Realizar el análisis bromatológico por cada tratamiento de la lechuga cultivado en sistema hidropónico raíz flotante en condiciones de invernadero.....</b>	<b>62</b>

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

<b>4.1 EVALUAR LAS CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS DE LA LECHUGA HIDROPÓNICA EN RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS A BASE DE BIOL DE CUY, OVINO Y VACUNO EN CONDICIONES DE INVERNADERO. ....</b>	<b>64</b>
4.1.1 Número de hojas/ planta .....	64
4.1.2 Altura de la planta (cm/planta) .....	67
4.1.3 Longitud de la raíz (cm/planta) .....	71
4.1.4 Peso fresco de las hojas (kg/planta).....	72
4.1.5 Peso fresco de la raíz (kg/planta).....	76



<b>4.2 REALIZAR EL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO POR CADA TRATAMIENTO DE LA LECHUGA CULTIVADO EN SISTEMA HIDROPÓNICO RAÍZ FLOTANTE EN CONDICIONES DE INVERNADERO. ....</b>	<b>79</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>85</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>86</b>
<b>VII. REFERENCIAS.....</b>	<b>87</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>95</b>

**ÁREA :** Ciencias Biomédicas.

**LÍNEA:** Conservación y aprovechamiento de recursos naturales.

**FECHA DE SUSTENTACIÓN: 02/06/2022**



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Estados de crecimiento de la lechuga.....	23
<b>Figura 2.</b> Sistema de raíz flotante. ....	34
<b>Figura 3.</b> Biodigestor para la obtención del biol.....	45
<b>Figura 4.</b> Imagen satelital del lugar donde se realizó la investigación. ....	48
<b>Figura 5.</b> Temperatura ambiental (°C) y la humedad (%) registrada del invernadero. .	49
<b>Figura 6.</b> Promedio de los parámetros físico químicos de la solución nutritiva; pH, T° y CE.....	58
<b>Figura 7.</b> Croquis experimental del proyecto. ....	59
<b>Figura 8.</b> Número de hojas/planta, por efecto de viales de cuy, ovino y vacuno. ....	66
<b>Figura 9.</b> Altura de la planta, por efecto de viales de cuy, ovino y vacuno.....	70
<b>Figura 10.</b> Peso fresco de las hojas, por efecto de viales de cuy, ovino y vacuno. ....	74
<b>Figura 11.</b> Peso fresco de la raíz, por efecto de viales de cuy, ovino y vacuno. ....	78
<b>Figura 12.</b> Contenido de nutrientes de la lechuga hidropónica en base húmeda. ....	81
<b>Figura 13.</b> Contenido de nutrientes de la lechuga hidropónica en base seca.....	83
<b>Figura 14.</b> Resultados del análisis físico-químico del agua.....	103
<b>Figura 15.</b> Resultados del análisis químico del biol de cuy, ovino y vacuno. ....	104
<b>Figura 16.</b> Resultados del análisis bromatológico de la lechuga hidropónica (Testigo).....	105
<b>Figura 17.</b> Resultados del análisis bromatológico de la lechuga hidropónica. ....	106
<b>Figura 18.</b> Inicio del proceso de fermentación anaeróbica del biol Puno-2020. ....	107
<b>Figura 19.</b> Biol cosechado de cuy, ovino y vacuno. Puno- 2020.....	107
<b>Figura 20.</b> Plántulas de la lechuga. Puno-2020.....	108
<b>Figura 21.</b> Instalación y la dosificación de las soluciones nutritivas. Puno-2020. ....	108
<b>Figura 22.</b> Cultivo hidropónico raíz flotante ya instalado. Puno-2020.....	109





<b>Figura 23.</b> Medición de la longitud de la raíz. Puno-2021. ....	109
<b>Figura 24.</b> Medición de la altura de planta. Puno-2021.....	110
<b>Figura 25.</b> Oxigenación de la solución nutritiva. Puno-2021.....	110
<b>Figura 26.</b> Monitoreo de la CE, y T ° de la solución nutritiva. Puno-2021.....	111
<b>Figura 27.</b> Monitoreo del pH de la solución nutritiva. Puno-2021.....	111
<b>Figura 28.</b> Cultivo hidropónico raíz flotante lista para la cosecha. Puno-2021.....	112
<b>Figura 29.</b> Dia de la cosecha evaluación de la longitud de la raíz. Puno-2021. ....	112
<b>Figura 30.</b> Dia de la cosecha evaluación de la altura de la planta. Puno-2021.....	113
<b>Figura 31.</b> Dia de la cosecha evaluación del número de hojas/planta. Puno-2021.....	113
<b>Figura 32.</b> Dia de la cosecha evaluación del peso fresco de las hojas. Puno-2021. ....	114
<b>Figura 33.</b> Dia de la cosecha evaluación del peso fresco de la raíz. Puno-2021. ....	114



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Composición nutritiva de la lechuga por 100 g (comestible). .....	24
<b>Tabla 2.</b> Tipos de cultivares de lechuga. ....	26
<b>Tabla 3.</b> Duración de las etapas del sistema raíz flotante en algunos cultivos. ....	35
<b>Tabla 4.</b> Elementos de la solución nutritiva y su forma de absorción de las plantas. ....	37
<b>Tabla 5.</b> Composición química del estiércol de cuy. ....	42
<b>Tabla 6.</b> Composición química del estiércol de ovino. ....	43
<b>Tabla 7.</b> Análisis químico del biol de cuy, ovino y vacuno. ....	52
<b>Tabla 8.</b> Análisis físico-químico del agua. ....	53
<b>Tabla 9.</b> Descripción de tratamientos con sus dosis de solución nutritiva. ....	60
<b>Tabla 10.</b> Análisis de la Varianza de número de hojas/planta, por efecto de viales de cuy, ovino y vacuno. Puno-2022. ....	64
<b>Tabla 11.</b> Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el número de hojas/planta, por efecto de viales de cuy, ovino y vacuno. Puno-2022. ....	65
<b>Tabla 12.</b> Análisis de la Varianza de la altura de la planta (cm/planta), por efecto de viales de cuy, ovino y vacuno. Puno-2022. ....	68
<b>Tabla 13.</b> Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para la altura de la planta (cm/planta), por efecto de viales de cuy, ovino y vacuno. Puno-2022. ....	69
<b>Tabla 14.</b> Análisis de la Varianza de la longitud de la raíz (cm/planta), por efecto de biol de cuy, ovino y vacuno. Puno-2022. ....	71
<b>Tabla 15.</b> Análisis de la Varianza del peso fresco de la hoja (Kg/planta), por efecto de viales de cuy, ovino y vacuno. Puno-2022. ....	72
<b>Tabla 16.</b> Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el peso fresco de las hojas (kg/planta), por efecto de viales de cuy, ovino y vacuno. Puno-2022. ....	73



<b>Tabla 17.</b> Análisis de la Varianza del peso fresco de la raíz (Kg/planta), por efecto de biol de cuy, ovino y vacuno. Puno-2022.....	76
<b>Tabla 18.</b> Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el peso fresco de la raíz (Kg/planta), por efecto de vióles de cuy, ovino y vacuno. Puno-2022. ....	77
<b>Tabla 19.</b> Análisis bromatológico de la lechuga, en base húmeda; T0 (testigo). ....	80
<b>Tabla 20.</b> Análisis bromatológico de los tratamientos en estudio del cultivo hidropónico de la lechuga, en base húmeda (materia verde). ....	80
<b>Tabla 21.</b> Análisis bromatológico de los tratamientos del cultivo hidropónico de la lechuga, en base seca (materia seca). ....	83
<b>Tabla 22.</b> Datos de registro de temperatura (°C) y la humedad (%) del invernadero....	96
<b>Tabla 23.</b> Datos de pH de las soluciones nutritivas con biol de cuy, ovino y vacuno, evaluados desde el día el trasplante hasta la cosecha. ....	100
<b>Tabla 24.</b> Datos de la CE ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) de las soluciones nutritivas con biol de cuy, ovino y vacuno, evaluados desde el día el trasplante hasta la cosecha. ....	101
<b>Tabla 25.</b> Datos de Temperatura °C de las soluciones nutritivas con biol de cuy, ovino y vacuno, evaluados desde el día el trasplante hasta la cosecha. ....	102



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

<b>SRF</b>	: Sistema de raíz flotante
<b>SN</b>	: Solución nutritiva
<b>CE</b>	: Conductividad eléctrica
<b>pH</b>	: Potencial de hidrogeno
<b>OD</b>	: Oxígeno disuelto
<b>T°</b>	: Temperatura
<b>%</b>	: Porcentaje
<b>T</b>	: Tratamiento
<b>Var</b>	: Variedad
<b>F.V.</b>	: Fuente de variabilidad
<b>S.C.</b>	: Sumatoria de cuadrados
<b>g.l.</b>	: Grados de libertad
<b>C.M.</b>	: Cuadrados medios
<b>C.V.</b>	: Coeficiente de variabilidad
<b>F</b>	: F calculada
<b>g</b>	: Gramos
<b>L</b>	: Litros
<b>ml</b>	: Mililitro



## RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en el invernadero de Investigación Formativa Ambiental de la Universidad Nacional del Altiplano, Oficina de Gestión Ambiental. Localizada en las coordenadas UTM X:8249767, Y:0391157, Zona 19 a una altitud de 3819 msnm, con el objetivo de determinar las características fenotípicas y bromatológicas de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) en respuesta a soluciones nutritivas a base de biol de cuy, ovino y vacuno, bajo condiciones de invernadero. Para el trabajo de investigación se realizó la elaboración de biol de cuy, ovino y vacuno, producido por fermentación anaeróbica para la solución nutritiva del cultivo hidropónico. El trabajo se condujo con 9 tratamientos, 3 repeticiones +1 testigo: T0 solución nutritiva química 5ml/L, T1: biol de cuy 400ml/12L, T2: biol de cuy 300ml/12L, T3: biol de cuy 200ml/12L; T4: biol de ovino 400ml/12L, T5: biol de ovino 300ml/12L, T6: biol de ovino 200ml/12L; T7: biol de vacuno 400ml/12L, T8: biol de vacuno 300ml/12L, T9: biol de vacuno 200ml/12L. El diseño experimental fue por Bloques Completo al Azar. Las características fenotípicas fueron comparadas por análisis de varianza y prueba de Tukey, con un nivel de significancia de 0.05%; para el análisis bromatológico el día de la cosecha se muestreo una muestra al azar por cada tratamiento. Los resultados de las características fenotípicas de la lechuga son: el T1 obtuvo un promedio de 11.33 hojas/planta, altura de la planta 17.37cm/planta, peso fresco de las hojas 19.00 g/planta y el T2 en peso fresco de la raíz 17.67g/planta. En cambio, en el T0 alcanzó un promedio de: 12.33 hojas/planta, altura de la planta 33.63cm/planta, peso fresco de las hojas 107.33g/planta, y un peso fresco de la raíz de 25.67g/planta. En el análisis bromatológico: el T4 contiene 92.78% de humedad, T6 contiene 1.67% de ceniza, el T2 contiene 1.22% de proteína, el T9 contiene 0.89% de grasa, el T2 contiene 8.49% de carbohidratos y el T9 contiene 45.04 de energía Kcal. En cambio, el T0 contiene una humedad de 81.60%, proteína 1.12%, ceniza 0.10%, grasa 0.18% y energía 74,38 Kcal/100g.

**Palabras Clave:** Biol, Conductividad eléctrica, Hidroponía, Lechuga, Oxigenación, pH.



## ABSTRACT

The research work was carried out in the Environmental Formative Research greenhouse of the National University of the Altiplano, Office of Environmental Management. Located at UTM coordinates X:8249767, Y:0391157, Zone 19 at an altitude of 3819 masl, with the aim of determining the phenotypic and bromatological characteristics of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in response to nutrient solutions based on biol guinea pig, sheep and cattle, under greenhouse conditions. For the research work, the elaboration of guinea pig, sheep and cattle biol was carried out, produced by anaerobic fermentation for the nutritive solution of the hydroponic culture. The work was conducted with 9 treatments, 3 repetitions +1 witness: T0 chemical nutrient solution 5ml/L, T1: guinea pig biol 400ml/12L, T2: guinea pig biol 300ml/12L, T3: guinea pig biol 200ml/12L; T4: sheep biol 400ml/12L, T5: sheep biol 300ml/12L, T6: sheep biol 200ml/12L; T7: beef biol 400ml/12L, T8: beef biol 300ml/12L, T9: beef biol 200ml/12L. The experimental design was by Random Complete Blocks. The phenotypic characteristics were compared by analysis of variance and Tukey's test, with a significance level of 0.05%; For the bromatological analysis, on the day of harvest, a random sample was sampled for each treatment. The results of the phenotypic characteristics of the lettuce are: T1 obtained an average of 11.33 leaves/plant; plant height 17.37cm/plant; fresh weight of the leaves 19.00 g/plant and the T2 in fresh weight of the root 17.67g/plant. Instead, in T0 it reached an average of: 12.33 leaves/plant; plant height 33.63cm/plant; fresh weight of leaves 107.33g/plant; and a fresh root weight of 25.67g/plant. In the bromatological analysis: T4 contains 92.78% humidity; T6 contains 1.67% ash, T2 contains 1.22% protein; T9 contains 0.89% fat; T2 contains 8.49% carbohydrates and T9 contains 45.04 Kcal energy. In contrast, T0 contains 81.60% moisture, 1.12% protein, 0.10% ash, 0.18% fat, and 74.38 Kcal/100g energy.

**Keywords:** Biol, Electrical conductivity, Hydroponics, Lettuce, Oxygenation, pH.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas la hidroponía juega un papel muy importante en el desarrollo global de la agricultura. La presión por el incremento de las ciudades, la población, el cambio climático, la disminución de las zonas agrícolas, la erosión del suelo, la escasez y contaminación de los recursos hídricos, son algunos de los factores que han influenciado la búsqueda de métodos alternativos de producción de alimentos (Pacheco, 2017). Estos factores provocan desequilibrios ambientales en suelos y hortalizas por la presencia de contaminantes agronómicos utilizados por los agricultores como fertilizantes y pesticidas los cuales son portadores de organolépticos fosforados, metales pesados entre otros contaminantes, que alteran la biota del suelo, conformado por bacterias, protozoos, anélidos y otros microorganismos benéficos para las plantas, también alterando la composición nutritiva y toxicidad en las hortalizas.

En el Perú, la demanda de productos orgánicos, principalmente para consumo en fresco, ha ido aumentando paulatinamente. En nuestra región del Altiplano, la producción de lechuga es muy escasa debido a innumerables condiciones que limitan su cultivo. El cultivo de lechuga es considerado uno de los más importantes del grupo de hortalizas y es utilizado en ensayos o investigaciones por ser un cultivo indicador, permitiendo obtener resultados inmediatos a la aplicación de cualquier producto (Ojeda, 2017). La lechuga es de suma importancia en la nutrición humana; en nuestro medio, parte de su cultivo se destina al consumo en fresco, las hojas tienen un efecto refrescante y calmante, fortifican los nervios y reducen el azúcar en la sangre. El látex se utiliza como calmante y narcótico (La Rosa, 2015). A pesar de reconocer la importancia de la hortaliza, los principales problemas que inciden en el rendimiento de la lechuga es la alta degradación



del suelo que afecta tanto la cantidad de productos cosechados como la calidad para que sean aceptados en el mercado. El uso indiscriminado de fertilizantes químicos sintéticos provoca la degradación del suelo y afecta a la población microbiana del suelo, lo que constituye uno de los principales problemas a los que se enfrenta la agricultura en la actualidad. El grado de degradación ambiental, económica y social al que conduce la agricultura convencional, que optar por una agricultura que conserve la naturaleza, el bienestar económico y social de la población, es la única posición sensata (Calsin, 2019).

Frente a la problemática indicada en el cultivo de lechuga, la siguiente investigación es una interesante oportunidad para conocer el cultivo hidropónico y los beneficios de los abonos orgánicos y así promover el uso de abonos orgánicos líquidos y la incorporación de abonos orgánicos aporta nutrientes, mejora la estructura del cultivo hidropónico, para conseguir una producción limpia y sostenible.

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

- Determinación de características fenotípicas y bromatológicas de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) en respuesta a soluciones nutritivas a base de biol de cuy, ovino y vacuno, bajo condiciones de invernadero.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Evaluar las características fenotípicas de la lechuga hidropónica en respuesta a la aplicación de las soluciones nutritivas a base de biol de cuy, ovino y vacuno en condiciones de invernadero.
- Realizar el análisis bromatológico por cada tratamiento de la lechuga cultivado en sistema hidropónico raíz flotante en condiciones de invernadero.





## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 ANTECEDENTES

Desde 1950 se incrementó los cultivos hidropónicos, se desarrolló experimentos comerciales a gran escala en donde el cultivo como el tomate, la lechuga, remolachas, rábanos, zanahorias, fresas, pepinos, papas, frutas ornamentales y flores (Beltrano y Gimenez, 2015), por casi todo el mundo y especialmente en áreas donde la agricultura convencional era imposible de practicar como son las zonas desérticas, contaminadas, con poca disponibilidad de agua, etc. Destacándose plantaciones en países como Japón, Holanda, Francia, Inglaterra, Nueva Zelanda, Australia, Alemania, Italia, España, Suecia, Rusia, Sudáfrica e Israel (Cajo, 2016). Debido a la utilización de agroquímicos en la agricultura y en los cultivos hidropónicos los índices de enfermedades y cáncer han aumentado notablemente, es por eso que se están haciendo investigaciones de abonos orgánicos a base de estiércol de animales domésticos, frutas fermentadas, plantas fermentadas, etc para cultivos orgánicos (Calsina, 2015).

En Colombia-Bogotá, se investigó la producción y comercialización de lechuga hidropónica (*Lactuca sativa* L.), como una alternativa económica para pequeños productores y se demostró que ganaron experiencia en el manejo técnico, además se han explorado diferentes mercados con este sistema, lo que ha brindado información importante sobre la presentación de calidad, precio y volumen que demanda el mercado es aceptable, asegurando una producción constante con el sistema hidropónico NFT (Pachón, 2020).



En Ecuador, se investigó la respuesta de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a cuatro soluciones nutritivas, tres orgánicas (biol, té de estiércol, té de lombricomposta) y uno de origen sintético (solución molina) bajo condiciones hidropónicas. La solución nutritiva “La Molina” generó la mayor respuesta en el desarrollo de hojas con un promedio de 18.2 hojas/planta y una altura promedio de 26.12cm/planta, seguida de la solución orgánica “Té de estiércol” con un promedio de 16.3 hojas/planta y en la altura de la planta con un promedio de 24.23 cm/planta seguido por “Té de lombricomposta” con un promedio de 15.3 hojas/planta y en la altura de la planta con un promedio de 23.52 cm/planta, y por último “Biol” con un promedio de 14.7 hojas/planta y en la altura de la planta con un promedio de 22.40 cm/planta (Milton, 2018).

En Carchi, Ecuador se investigó el comportamiento agronómico de dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivadas en sistema hidropónico, con dosis de biol de 100 cc, 200 cc y 300 cc/L de agua. En las variedades Green Salad Bowl y Red Salad Bowl que mostraron buena adaptabilidad a diferentes dosis de biol, en comparación al testigo; la mayor altura de planta a los 60 días, es el T3 de la variedad Green Salad Bowl con dosis de 300 cc/L con 17.73 cm; número de hojas el T3 de la variedad Green Salad Bowl, dosis de 300 cc/L, con 17 hojas comerciales. En cuanto al peso repollo, el valor más alto lo obtuvo el T7, variedad Red Salad Bowl con una dosis de 300 cc/L, con un peso de 36.33 g (Calderon, 2013).

En Perú-Tumbes, investigaron la efectividad del abono orgánico biol, aplicado al cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L), en un sistema hidropónico, tres dosis diferentes de biol 500cc, 1000cc y 1500cc y una dosis de solución nutritiva química de 224cc en 16 litros de agua; La variable 1, con mejor rendimiento en peso lo obtuvo el T1-500cc de biol con 143.8gr/planta; en lo que respecta a la variable 2, composición química de



nutrientes en tejido vegetal, no presentan mayor diferencia entre tratamientos; el T1, en elementos primarios NPK, expone lo siguiente: nitrógeno 29 gr/L, fosforo 2 gr/L y potasio 32 gr/L y como elementos secundarios: sodio 3.2 gr/L, calcio 5.9 gr/L, magnesio 9.4 gr/L, hierro 360 mg/L, manganeso 250 mg/L, zinc 10 mg/L, cobre 10 mg/L y azufre 1346.5 ppm (Cando y Malca, 2015).

En Trujillo se evaluó la influencia de las concentraciones del bioabono “biol” en las características del crecimiento y desarrollo de *Lactuca sativa* “lechuga” Var. Longifolia en un medio hidropónico. Con el fin de plantear una opción biotecnológica de uso de abonos orgánicos para la fertilización de hortalizas. Empleando un biol, de 45 días de fermentación con valores de 10 2000 de N, 219.10 de P y 1103. 80 de K. Con una dosis de biol al 5, 10, 15 y 20%, remplazando las soluciones nutritivas para el cultivo hidropónico de lechuga, los resultados indican que la concentración del biol al 20% genera mejores rendimientos en 60 días con un promedio en longitud foliar de 27.11 cm /planta y longitud radicular de 45.72 cm/planta (Medina, 2020).

En Arequipa se investigó el rendimiento de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. “Parris Island Cos”, cv. “Waldman’s Green” y cv. “Prize Head”, utilizando dos soluciones; Solución Nutritiva “La Molina” (S.N.1) y solución Nutritiva “La Molina” + Biol (S.N.2), en el sistema (NFT), donde se logró mayor promedio en parámetros biométricos evaluados a la cosecha donde (S.N.1), el T1 cv. “Parris Island Cos” logra un mayor promedio de 36.37 hojas/planta; (S.N.2), el T1cv. “Parris Island Cos” logra un mayor promedio en la altura de la planta con 32.83cm y en la longitud de la raíz, no presentaron diferencia significativa entre tratamientos (Palma, 2019).

Así mismo los vióles son una biomasa derivada del estiércol animal, tiene un buen potencial para ser utilizado como biofertilizante debido a su alta concentración de



nutrientes, son super abonos líquidos con mucha energía y minerales, preparados a base de estiércol, disuelta en agua con otros insumos, que potencialmente son utilizados para fertilizar cultivos (Cando y Malca, 2015), sin embargo se desconocen las dosis y frecuencias de la aplicación más apropiadas para el cultivo de lechuga (Pomboza *et al.*, 2016).

## **2.2 MARCO TEORICO**

### **2.2.1 La lechuga (*Lactuca sativa* L.)**

La lechuga es una hortaliza de consumo en crudo y contiene múltiples beneficios, convirtiéndose en una de las más apetecidas a nivel mundial (Ramírez, 2017). Se consume durante todas las épocas del año, por lo que siempre existe en el mercado gran demanda de este producto (Quintero, 2000).

La lechuga en sus de diversas formas y colores es una de las hortalizas más comunes y consumidas en el mundo, cuya principal producción se da en las regiones más templadas y subtropicales. Actualmente se cultiva al aire libre y en invernaderos, ya sea en tierra, en sistemas hidropónicos o acuapónicos, estos últimos sistemas evitan las limitaciones provocadas por las condiciones climáticas, lumínicas y del suelo (Saavedra, 2017). La duración del cultivo suele ser de 50 – 60 días para las variedades tempranas y de 70 – 80 días para las tardías, como término medio desde la plantación hasta la recolección (Quintero, 2000).

#### **2.2.1.1 Origen de la lechuga**

El origen de la lechuga no parece estar claro, algunos autores sugieren que procede de la India, aunque hoy en día los botánicos no están de acuerdo, porque hubo un antecesor definitivo de la lechuga, (*Lactuca scariola* L.) se encuentra en estado silvestre



en la mayoría de las zonas templadas. Las variedades que se cultivan actualmente son el resultado de cruces entre diferentes especies (Barrios, 2004). El cultivo de la lechuga se remonta a una antigüedad de 2500 años, conocido por los griegos y romanos. Las primeras lechugas que se tiene referencia son las de hojas sueltas, aunque las acogolladas eran conocidas en Europa en el siglo XVI (Cajo, 2016). Posteriormente, y de la mano de los primeros colonos, la lechuga fue introducida en América.

### 2.2.1.2 Descripción taxonómica

La lechuga pertenece a la familia dicotiledónea más grande del reino vegetal, la Asteraceae, conocida anteriormente como Compositae (Jaramillo *et al.* 2016). La clasificación completa es la siguiente:

**Dominio:** Eukariota

**Reino:** Plantae – Plantas

**Sub reino:** Tracheobionta – Plantas vasculares

**Súper división:** Spermatophyta – Plantas con semilla

**División:** Magnoliophyta – Plantas con flores

**Clase:** Magnoliopsida – Dicotiledóneas

**Sub clase:** Asteridae

**Orden:** Asterales

**Familia:** Asteraceae

**Género:** *Lactuca*

**Especie:** *sativa* L.

**Variedad:** Waldmanns Green

**Nombre científico:** *Lactuca sativa* L.

**Nombre común:** “Lechuga crespa”

*Lactuca sativa* fue descrita en 1753 por el científico naturalista Sueco Carlos Linneus, texto que fue publicado en “Species Plantarum” N° 2:795. *Lactuca* es un nombre genérico derivado del latín *Lac* (que significa “leche”), se refiere al líquido lechoso o

lechoso que es la savia que secreta el tallo de una lechuga al ser cortada, y *sativa* es un epíteto que hace referencia a su carácter de especie cultivada (Saavedra, 2017).

### 2.2.1.3 Descripción botánica

- **Raíz:** La raíz, no llega a sobrepasar los 25 cm de profundidad, es pivotante, corta y con ramificaciones (Salinas, 2013).
- **Tallo:** El tallo de la lechuga es muy pequeño, corto, cilíndrico y sin ramificar (Salinas, 2013); sin embargo, cuando termina la fase comercial, el tallo se extiende hasta 1.2 m de longitud, con ramificaciones del extremo y presenta, en cada punta de las ramillas terminales una inflorescencia y al llegar a la floración se alarga hasta un metro (Asto, 2018).
- **Hojas:** las hojas están colocadas en roseta, desplegadas al principio, en algunas variedades 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 (Pacheco, 2017).
- **Inflorescencia:** Esta constituida en grupos de 15 a 25 flores pequeñas, las cuales están ramificadas y son de color amarillo, están reunidas en anchas cimas corimbosas y con numerosas bractéolas (Pereda, 2015).
- **Semillas:** Las semillas son largas de 4-5 mm, su color generalmente es blanco crema, gris o negro según la variedad. El fruto de la lechuga es un aquenio, seco y oblongo (Pereda, 2015).

### 2.2.1.4 Fenología de la lechuga

La fenología de la lechuga se puede dividir en cuatro estados: plántula, roseta, encabezamiento (no en todas) y reproductivo, como nuestra en la figura 1:



**Figura 1.** Estados de crecimiento de la lechuga.

**Fuente:** (Saavedra, 2017).

- **Plántula:** aparición de la radícula y emergen los cotiledones y el crecimiento radicular y también aparecen de 3 a 4 hojas verdaderas. Esta fase dura de 3 a 4 semanas.
- **Roseta:** aparecen nuevas hojas, disminuye el largo y ancho de los folíolos y se acorta los peciolos, formando la roseta con 12 a 14 hojas. Esta etapa dura de 3 a 4 semanas.
- **Encabezamiento:** en algunas variedades en esta etapa forman cabeza, las hojas son más anchas que largas y curvadas por el eje de la nervadura central, esta etapa dura de 2 a 4 semanas.
- **Floración:** las hojas o la cabeza de la lechuga pierde la calidad para el consumo, por que toma forma alargada elongación del tallo y emisión de las inflorescencias, tienen una altura de 1-1.5m.

#### 2.2.1.5 Valor nutricional y económico

La lechuga es una importante fuente de proteínas, vitaminas y minerales, rica en calcio, hierro y vitamina A y C (Catata, 2015). Por otra parte, es un alimento rico en

vitamina K ya que 100 g de esta verdura contiene 113 ug de vitamina K. La lechuga es uno de los alimentos bajos en calorías de 100 g de este alimento contiene 19.60 kcal (La Rosa, 2015).

Desde el punto de vista de Quintero (2000) la lechuga es rica en principios vitamínicos; contiene el 94.8/100 de agua, el 1.2 /100 de proteína, el 0.2/100 de grasas, y el 2.9/100 de hidratos de carbono. En crudo tiene elevadas dosis de vitaminas A, B, B2, C, E y minerales.

**Tabla 1.** Composición nutritiva de la lechuga por 100 g (comestible).

Valor nutritivo	Unidad	Lechuga Crespa
Agua	(%)	95
Proteína	(g)	0.8
Grasas	(g)	0.1
Hidratos de carbono	(g)	2.3
Calcio	(mg)	13
Hierro	(mg)	1.5
Magnesio	(mg)	7
Fosforo	(mg)	25
Potasio	(mg)	100
Sodio	(mg)	5
Vitamina A	(UI)	300
Vitamina B1	(mg)	0.07
Vitamina B2	(mg)	0.03
Vitamina B5	(mg)	0.3
Vitamina C	(mg)	5
Valor energético	(cal)	13

**Fuente:** (Espinoza, 2018).

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es un cultivo de gran importancia económica nacional e internacional debido a la alta demanda en el mercado ya que se consume en





crudo en ensaladas y como decoración en la gastronomía (Torres y Arocutipa, 2020), así mismo se utiliza para el consumo fresco, regularmente en ensaladas, además de ser conocida y cultivada en casi todo el mundo, es el cuarto vegetal más importante cultivado hidropónicamente después del tomate, pepino y chile dulce, industrialmente se usa para la fabricación de cremas cosméticas (Jaramillo *et al.*, 2016).

#### **2.2.1.6 Propiedades medicinales**

El consumo de hojas frescas se utiliza para aliviar el estreñimiento, la debilidad del estómago, la dispepsia, la mucosidad de la garganta y del pecho (Lopez, 2016). Se dice que las hojas producen efectos refrescantes, tranquilizantes, fortifica los nervios y reduce el nivel de azúcar en la sangre también para tener un sueño tranquilo y reparador (La Rosa, 2015). El látex es utilizado como calmante y narcótico. Se usa como sedativo del sistema nervioso, laxante, mineralizador, desintoxicante del organismo, antiespasmódico y diurético (Jaramillo *et al.*, 2016).

#### **2.2.1.7 Variedades de la lechuga**

Existe una gran cantidad de cultivares o variedades de lechugas, es una de las hortalizas más consumidas además de tener una variedad gama de sabores, colores y textura.

Según Pereda (2015), señala que en la forma que crece la lechuga se determina su clasificación en 3 tipos (variedades), dentro de los cuales se puede colocar todos los cultivares: de cabeza, de hoja suelta y cos.

- ***L. sativa var. Capitata***: Son lechugas que forman un cogollo compacto o semi-compacto, corresponde a variedades de hoja mantecosa o las denominadas lechugas de seda, por ejemplo, White Boston, Great Lakes, etc.

- *L. sativa var. Crispa*: Son las lechugas, de hojas sueltas y rizadas o crespas. Por ejemplo: Gran rapids, Waldman Green, etc
- *L. sativa var. Longifolia*: Son lechugas que no forman cogollos, aunque sus hojas están más o menos cerradas, protegiendo las hojas jóvenes y dándoles un aspecto más largo, las hojas tienen un nervio principal recto y carnoso. Se llaman lechugas romanas. Ejemplo: París Island, Cos, etc

**Tabla 2.** Tipos de cultivares de lechuga.

<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cultivares representativos</b>
De cabeza	Cabeza firme	Great Lakes
	Cabeza suave	White Boston
	Cabeza suave semiabierta	Salad Bowl, Bibb
De hoja suelta	Hojas ásperas y rústicas	Gran Rapid
		Waldmans Green
	Hojas suaves	Red Salad
		Romana
Cos o Rama	Manojo semiabierto de hojas elongadas	Simpson
		White Paris

**Fuente:** (Quispe, 2015).

La variedad que se evaluó en la siguiente investigación es de hoja suelta y tiene las siguientes características:

#### **2.2.1.8 Waldmans Green**

La variedad Waldmans green, no forma cabeza, solo una roseta de hojas por lo que pertenece a la clasificación de lechugas de hojas sueltas o lechuga de hoja. Sus hojas son duras y dispersas, son de color verde de 20 a 30 cm de largo y su sabor es suave, agradable y fresco (Medina, 2014). Son plantas fáciles de cultivar, muy vigorosas en cultivos hidropónicos necesitan de 45 a 60 días para su cosecha. Estas lechugas necesitan



de T° de 10 a 13 °C y 13 a 21°C durante el día, también soportan altas T° como 27 °C, sin disminución del desarrollo pero en altas T° producirán quemaduras en las puntas de las hojas o en los bordes (Quispe, 2015).

### **2.2.1.9 Plagas, Enfermedades y Virus**

Según Ojeda (2017), las principales plagas, enfermedades y virus que afectan al cultivo de la lechuga, ocasionan grandes pérdidas económicas en los cultivos son :Trips (*Thrips tabaci*), Minadores (*Liriomyza trifolii*), Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*), Pulgones (*Myzus persicae*, *Macrosiphum solani* y *Narsonovia ribisnigri*), Mosca del cuello (*Phorbia platura*), Mildiu veloso (*Bremia lactucae*), Septoriosis (*Septoria lactucae*), Antracnosis (*Marssonina panattoniana*), Alternaria (*Alternaria sp*), Marchitamiento (*Phythium ultimum*), Tipburn, Virus del Mosaico de la Lechuga (LMV), Virus del Bronceado del Tomate (TSWV), etc.

### **2.2.2 Hidroponía**

El término hidroponía deriva del griego (Hydro) que significa agua y (ponos) que significa labor o trabajo, por lo que literalmente significa “trabajo en agua” o “actividad en agua” (Soto, 2015), también se conoce como cultivo sin suelo, cultivo artificial, nutricultura, quimiocultura o agricultura sin suelo (Zarate, 2015), obteniendo cultivos saludables fuera de temporada, en menor tiempo, aprovechando todo el espacio posible y permite diseñar estructuras simples o complejas favoreciendo las condiciones ambientales idóneas (Cajo, 2016).

Las plantas toman sus alimentos de las SN (solución nutritiva), debidamente preparados, y sus alimentos orgánicos los elaboran autotróficamente por procesos de fotosíntesis y biosíntesis (Barrios, 2004), donde se obtienen hortalizas de excelente calidad y asegurar un uso más eficiente del agua y fertilizantes. Los rendimientos por



unidad de área son altos, por la mayor densidad y elevada producción por planta lográndose mayores cosechas por año (Pereda, 2015).

### 2.2.2.1 Historia de la hidroponía

- **Pasado de la hidroponía**

Los primeros antecedentes de la hidroponía datan hacia los años 600 A. C., el Rey Nabucodonosor II (Rey de los Caldeos) quien fue el máximo representante del imperio Babilónico. Él quiso complacer a su esposa Amytis, creando en su ciudad montes y colinas de exuberante vegetación, nunca imagino que estaba construyendo una de las Siete Maravillas del Mundo Antiguo, “los Jardines Colgantes de Babilonia”, serian considerados miles de años más tarde como el primer cultivo hidropónico (Molina, 2001). Otro gran ejemplo de la hidroponía ancestral es, “Los Jardines Flotantes de los Astecas”, llamados *Chinampas*, las cuales se inventaron como consecuencia de la falta de tierra, decidieron cultivar plantas con los materiales que tenían a mano; construyeron balsas de caña y palos, dragaron la tierra del fondo del lago y la colocaron en las balsas. La tierra del fondo del lago que es rica en restos orgánicos y nutrientes requeridos por las plantas; donde cultivaban hortalizas, verduras, flores hasta árboles, en la superficie de lago y lagunas del valle México (Molina, 2001), por otro lado los jardines flotantes de China son considerados otros ejemplos hidropónicos donde cultivaban arroz (*Oriza sativa*), se afirma también que existe jeroglíficos egipcios de cientos de años A.C. que describen el cultivo de plantas a lo largo del Río Nilo (Beltrano y Gimenez, 2015).

A medida que la humanidad comenzó a involucrarse con estos sistemas de cultivos hidropónicos, a través del tiempo: Aristóteles (384-322 A. C.) y Teofrasto (324-287 A. C.) comenzaron con los primeros experimentos en nutrición vegetal. Dioscórides luego realizó estudios de botánica antes del siglo I. Unos siglos más tarde, Leonardo Da Vinci (1452-1519) fue atraído a investigar la anatomía y composición de las plantas. En el año



1600 el belga Jan Baptista Van Helmont realizo experimentos que demostraron la obtención de nutrientes por parte de las plantas. R. Boyle (1600) realizó experimentos de crecimiento de plántulas en vaso. En 1699 J.Woodward demostró finalmente como las plantas obtienen los nutrientes (Molina, 2001). Stephen Hales (1677-1761) estudió la circulación de la sabia en la planta y publico su libro en 1727, libro de fisiología *Vegetable Staticks*, en el que estudió las estomas de las hojas y entre otras cosas también descubrió que las plantas absorben un gas del aire (CO<sub>2</sub>). Jean Serebier (1742-1809), fue el primer científico que tuvo una visión más clara sobre la fotosíntesis. Nicolas De Saussure (1767-1845), manifestó que las plantas están compuestas de minerales y elementos químicos obtenidos del agua, suelo y del aire.

Alrededor de 1842 se publicó la primera lista de 9 elementos considerados esenciales para el crecimiento de las plantas. Carl. S. Sprengel (1787-1895) y A.F. Wiegman (1771-1853), fisiólogos vegetales, Alemanes profundizaron las investigaciones de De Saussure sobre la “ley del mínimo”, demostrando que, si el suelo tuviera todos los minerales necesarios para el crecimiento de las plantas, éste puede ser improductivo, si falta un solo elemento esencial, o si este se encontraba presente en muy baja cantidad. Años más tarde, en 1851, Jean Baptiste Boussingault (1802-1887), científico francés especializado en química agrícola y reconocido como el fundador de la agricultura como ciencia, confirmó las ideas de De Saussure a través de sus experimentos con medios inertes. Boussingault diseñó diferentes SN a base de agua y diferentes combinaciones de elementos puros obtenidos a partir de tierra, arena, cuarzo y carbón vegetal, a los que añadió soluciones de composición química conocida; concluyeron que el agua es esencial para el crecimiento de las plántulas al suministrar H y que la materia seca de la plántula está constituida por C, H y O, provenientes de la atmosfera (Molina, 2001). Todos estos avances y conocimientos fueron profundizados por Julius Von Sachs (1832-1897),



profesor de botánica en la Universidad de Würzburg, y W. Knop, químico agrícola, conocido como el “padre de la cultura del agua”. En 1860, Sachs publicó la primera fórmula estándar para una SN que podía disolverse en agua y en la que podían desarrollarse las plantas. Alrededor de 1861, Knop desarrolló la técnica de cultivo en SN, método que ahora se utiliza en laboratorios de fisiología para estudiar soluciones vegetales (Beltrano y Gimenez, 2015). Todo este avance terminó con la larga búsqueda de los nutrientes que componen las plantas y condujo a la elaboración de SN que permiten el crecimiento y la producción de hortalizas a partir de las sales N, P, K, Ca, S, Mg, identificadas como elementos principales o macronutrientes, ya que las plantas los necesitan en cantidades relativamente grandes. Varias décadas más tarde, a medida que fue avanzando el conocimiento de la química y se perfeccionaron las técnicas de laboratorio y los quipos, científicos de diferentes partes del mundo descubrieron que las plantas requieren cantidades relativamente pequeñas de 7 elementos menores o microelementos como: hierro (Fe), manganeso (Mn), boro (B), zinc (Zn), cobre (Cu), molibdeno (Mo) y cloro (Cl) (Beltrano y Gimenez, 2015).

Uno de los científicos más influyentes en el campo fue William Frederik Gericke, catedrático de la Universidad de California en Berkeley, quien, en 1930, dio el nombre a esta ciencia tras unir las raíces griegas *hydro* (agua) y *ponos* (trabajo), que significa literalmente *trabajo en agua*, también desarrolló experimentos comerciales a gran escala donde cultivó con éxito una variedad de hortalizas, tubérculos, frutas y flores (Molina, 2001). Sus experimentos lograron un gran éxito y fueron considerados el descubrimiento del año por la prensa. En 1945, la técnica de Gericke fue utilizada por la Fuerza Aérea de los EE.UU. con algunas modificaciones para proporcionar verduras frescas a los soldados estacionados en las Islas Carolinas en el Pacífico. En 1939 y 1945, en plena Segunda Guerra Mundial, el Departamento de Aviación de Londres estableció una plantación



hidropónica en bases militares en el desierto de Habbaniya en Irak y en la isla de Bahrein en el Golfo Pérsico. Desde 1950, la hidroponía se ha extendido por todo el mundo y se utiliza principalmente para expandir áreas donde la agricultura tradicional no es posible, como áreas desérticas, contaminadas con poca disponibilidad de agua, etc.

- **Presente de la hidroponía**

El desarrollo del plástico ha tenido un efecto positivo no solo en la agricultura en general, sino también en la hidroponía, ya que ha solucionado muchos de los problemas asociados a la contaminación de la solución nutritiva por la corrosión del metal y de concretos empleados en alguno de los componentes del sistema (Molina, 2001). Esta técnica ha alcanzado un alto nivel de sofisticación en los países desarrollados. Los nuevos materiales permiten el desarrollo de la agricultura protegida a escala comercial, el modernismo permite la introducción de los más recientes avances en electrónica, tecnologías de la información (hardware y software) para el control y ejecución de actividades, y las nuevas tecnologías en comunicaciones e información geográfica, han hecho la automatización hidropónica una realidad y una tendencia cada vez más popular con beneficios económicos y de manejo (Beltrano y Gimenez, 2015). Actualmente, la hidroponía se considera una de las ramas más deslumbrante de la ciencia agrícola y es responsable de alimentar y generar ingresos para millones de personas en el mundo. Con los avances en la desalinización del agua de mar, se están desarrollando grandes complejos hidropónicos en islas y regiones costeras de todo el mundo (Molina, 2001).

- **Futuro de la hidroponía**

El futuro de las grandes ciudades es actualmente uno de los temas de debate. Se dice que para el 2050, el 80% de la población mundial vivirá en centros urbanos, lo que desafía el actual modelo de crecimiento, que no está pensado para satisfacer las nuevas



necesidades de la población. El suministro de agua, la energía, el transporte y la gestión de residuos o los propios sistemas constructivos deben cambiar para acercarse a un modelo más sostenible, para dar forma a lo que se denomina como “ciudades inteligentes”, uno de los problemas que surgen en las grandes ciudades o centros distantes a los cuidados de creación, es el abastecimiento de hortalizas, tubérculos y flores, abrieron nuevos horizontes para estos sistemas de cultivos sin suelo (Beltrano y Gimenez, 2015). Comenzaron a popularizar un nuevo modelo de cultivo: las granjas verticales, que consiste en cultivar hortalizas en edificios, en lugar de hacerlo en invernaderos o campos, este tipo de cultivo urbano está bajo estudio. Los cultivos hidropónicos continuarán siendo un medio seguro de producción de alimentos en submarinos atómicos, estaciones de investigación y monitoreo ubicadas en alta mar, aunque continuaran desarrollándose para garantizar la supervivencia humana en el espacio al suminístrale alimentos, oxígeno, atrapar el CO<sub>2</sub>, filtrar las aguas residuales de las naves espaciales y lograr perpetuar la vida más allá de nuestro planeta, se convertirá también en una herramienta fundamental en la lucha contra la pobreza, el hambre y la desnutrición en los países menos desarrollados (Molina, 2001).

#### **2.2.2.2 Cultivo hidropónico**

El cultivo hidropónico es un sistema en el que las raíces de las plántulas están suspendidas en el medio líquido SN, evitando la presencia de luz, ya que puede desarrollar algas y reducir la acidez de la SN y esto ocasiona menor disponibilidad de oxígeno para la raíz (Gutierrez, 2011). Mientas tanto a partir del cuello radicular, las plantas se mantienen en una plancha de tecnopor de medio inerte que tiene la función de soporte. (Calsina, 2015), la incorporación de oxígeno en la raíz se realiza mediante una bomba o manualmente que hace que se oxigene la SN para un buen desarrollo de la planta, además de que la hidroponía provee alimentos frescos de alto valor nutritivo (vitaminas,





proteínas, fibra y minerales), teniendo la mejor calidad del producto, ante la menor presencia de plagas, enfermedades, contaminación de fertilizantes y pesticidas, etc. contribuyendo así con la conservación del medio ambiente (Velásquez, 2019). La T° óptima para cultivo hidropónico se encuentra entre los 18 a 23 °C durante el día y de 7 a 15 °C durante la noche.

### **2.2.2.3 Importancia de la hidroponía**

La hidroponía es considerada como un sistema de producción agrícola de gran importancia en contextos ecológicos, económicos y sociales. Esta importancia se basa en la gran flexibilidad del sistema, es decir, la capacidad de aplicarlo con éxito en diferentes condiciones y diferentes usos. En producción, las hortalizas tienen buena calidad, sanidad y de uso más eficiente de agua y fertilizantes. Los rendimientos por unidad de área cultivada son altos debido a la alta densidad y rendimiento por planta (Lopez, 2016).

### **2.2.2.4 Sistemas de producción hidropónica**

Los sistemas de producción de cultivos hidropónicos se clasifican en dos grupos según el tipo de sustrato que se utilizan como:

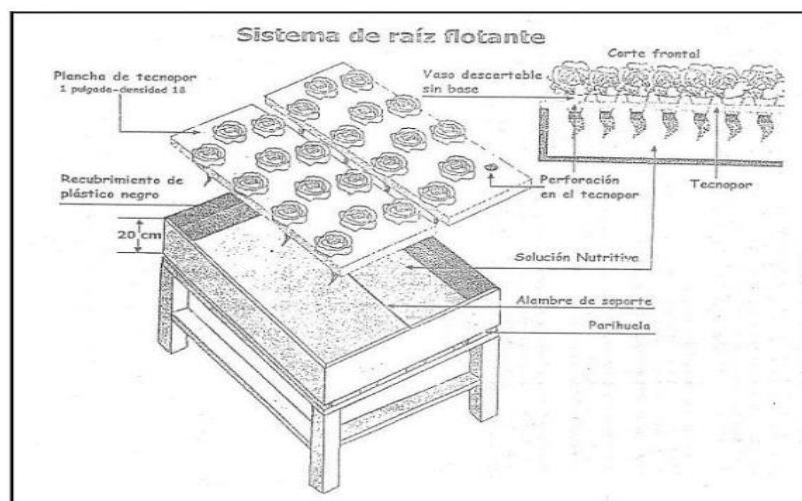
- Sistemas hidropónicos con sustrato líquido
- Sistemas hidropónicos con sustrato sólido

Dentro de cada uno de estos dos tipos de sistemas hidropónicos existe cierta variación, que depende básicamente de la disposición del sustrato y del recipiente utilizado. Por ejemplo, en sistemas hidropónicos con sustrato líquidos, se encuentra el sistema de raíz flotante y sistemas recirculantes o NFT; Para los sistemas hidropónicos que utilizan medios sólidos, están los sistemas de canales, sistemas de cajuelas y sistema de mangas colgantes (Barrios, 2004).

### 2.2.2.5 Sistema hidropónico con sustrato líquido

También conocido como: sistema de raíz flotante, sistema de balsa flotante o cultivo en raíz flotante. El sistema de raíz flotantes (SRF) fue uno de los primeros sistemas hidropónicos que se utilizó tanto a nivel experimental como en producción comercial (Pereda, 2015), la producción en el SRF consiste en que las raíces están sumergidas en la SN, las plantas se encuentran en planchas de tecnopor que flotan sobre el agua con SN, donde la plancha actúa como un soporte mecánico y cada una flota sosteniendo un determinado número de plantas, y para obtener buenos rendimientos, se debe oxigenar o airear la SN de forma manual o mecánica (Catata, 2015).

Este sistema permite optimizar el crecimiento y desarrollo del cultivo, logrando reducir su periodo vegetativo con un bajo consumo de agua, donde las plantas se apoyan sobre una plancha de tecnopor, la cual es perforada para permitir el paso de raíces al medio líquido, además de obtención de hortalizas saludables y libres de enfermedades lo cual, genera importantes beneficios para la salud (Mendoza, 2017).



**Figura 2.** Sistema de raíz flotante.

**Fuente:** (Mendoza, 2017).

### 2.2.2.6 Etapas del sistema raíz flotante

El SRF tiene de tres etapas las cuales son: almacigo, post- almacigo y trasplante definitivo, sin embargo en algunas ocasiones se obvia la etapa de post- almacigo quedando únicamente dos etapas, almacigo y trasplante definitivo (Barrios, 2004).

**Tabla 3.** Duración de las etapas del sistema raíz flotante en algunos cultivos.

Cultivo	Etapas del sistema de raíz flotante		
	Almacigo	Post-almacigo	Trasplante definitivo
Lechuga	2-3 semanas	2-3 semanas	4 semanas
Albahaca	2 semanas	-	4 semanas
Apio	2-3 semanas	4 semanas	8 semanas

Fuente: (Barrios, 2004).

- **Almacigo o Semillero**

El almacigo es un pequeño espacio al que se le proporcionan las condiciones óptimas para garantizar la germinación de las semillas y el crecimiento inicial de las plántulas (Pereda, 2015), se puede utilizar sustratos preparados con arena fina y cascarilla de arroz en una relación de 1:1, los sustratos usados para la germinación debe ser muy suave, limpio y homogéneo (Barrios, 2004). Como contenedores del sustrato se puede utilizar bandejas plásticas, bateas o recipientes en desuso (Pérez, 2018). Para la siembra de las semillas, en el semillero se trazan las líneas o surcos con una regla a una distancia de 5 cm y a una profundidad de 0.5 cm, se ponen las semillas una por una en el surco o hilera (Catata, 2015), luego de la siembra se presiona suavemente el sustrato para cubrir la semilla, se riega con agua y se cubre el almacigo con papel periódico, para acelerar el proceso de la germinación (Barrios, 2004). Cuando ya hayan germinado de 4 a 5 días se descubre el almacigo y se deja expuesto a la luz, debiéndose proteger de los excesos del sol y frío. Si el destapado del almacigo no se hace a tiempo, las



plántulas se estirarán en busca de la luz y ya no servirán para el trasplante. Estas plántulas con tallos con apariencia de hilos blancos nunca serán vigorosas ni darán buenas cosechas (Pereda, 2015). Las plántulas de la lechuga están en las almacigueras un promedio de 12 a 15 días (Ramírez, 2017).

- **Trasplante definitivo**

Comienza cuando se trasplanta las plántulas del post- almacigo o del almacigo a los contenedores o bandejas (Pereda, 2015), que son los sistemas definitivos de establecimiento y que las plantas adquieren mayor desarrollo hasta la cosecha. Después de los 12 a 15 días de la siembra, cuando alcanza un aproximado de 5 a 7 cm de altura y cuando estas tengan 3 a 4 hojas verdaderas, se realiza el trasplante en el sistema raíz flotante o en cualquier otro sistema hidropónico, donde las plantas permanecerán de 55 a 60 días (Ramírez, 2017).

- **Cosecha**

Se recomienda realizar la recolección del cultivo en horas de la mañana o en las tardes retirándole las raíces y las hojas basales secas y dañadas (Barrios, 2004).

#### **2.2.2.7 Funciones de los elementos nutritivos para las plantas**

- **Solución nutritiva (SN)**

La SN es un conjunto de compuestos y formulaciones que contienen elementos esenciales disueltos en agua, que las plantas necesitan para su desarrollo (Milton, 2018), es importante que contenga los nutrientes necesarios, los siguientes elementos son importantes para la supervivencia de las plantas, tales como: Los Macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg) son las sustancias más importantes para su crecimiento y los micronutrientes como (Cl, B, Fe, Mn, Zn y Mo) son elementos esenciales en menor medida (Cajo, 2016). Los nutrientes que la planta utiliza en mayor cantidad son (CHO), los obtiene

principalmente del aire y del agua, aunque también los pueden tomarlos del suelo a partir del CO<sub>2</sub> disuelto en agua, de los OH de los carbonatos (Catata, 2015).

**Tabla 4.** Elementos de la solución nutritiva y su forma de absorción de las plantas.

Elemento	Símbolo	Forma de absorción	Elemento	símbolo	Forma de absorción
Carbono	C	CO <sub>2</sub>	Zinc	Zn	Zn <sup>2+</sup> , Zn(OH) <sub>2</sub>
Hidrogeno	H	H <sub>2</sub> O	Manganeso	Mn	Mn <sup>2+</sup>
Oxígeno	O	H <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub>	Cobre	Cu	Cu <sup>2+</sup>
Nitrógeno	N	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Boro	B	B(OH) <sub>3</sub>
Fosforo	P	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Molibdeno	Mo	MoO <sub>4</sub> <sup>2+</sup>
Potasio	K	K <sup>+</sup>	Cloro	Cl	Cl <sup>-</sup>
Calcio	Ca	Ca <sup>2+</sup>	Silicio	Si	Si(OH) <sub>4</sub>
Magnesio	Mg	Mg <sup>2+</sup>	Sodio	Na	Na <sup>+</sup>
Azufre	S	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cobalto	Co	Co <sup>2+</sup>
Hierro	Fe	Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup>	Vanadio	V	V <sup>+</sup>

**Fuente:** (Chávez *et al.*, 2006) citado por (Torres y Arocutipa, 2020).

#### 2.2.2.8 Factores a considerar en la producción de cultivos hidropónicos

- **Calidad del agua (H<sub>2</sub>O)**

La calidad del agua en hidroponía debe ser potable de buena calidad (Calsina, 2015) y con contenidos bajos en Cl, que en altas concentraciones genera complicaciones por toxicidad en las plantas (Barrios, 2004). El agua puede ser de pozo, de lluvia o agua del grifo, en caso de que la calidad del agua no sea la adecuada, se requiere un análisis químico, existen criterios en el uso del agua para cultivos hidropónicos que incluyen: (1) contenido de sales y elementos fitotóxicos (Na, Cl y B); (2) contenido de microorganismos patógenos; (3) concentraciones de metales pesados y (4) concentración de nutrientes y compuestos orgánicos. El pH del agua debe oscilar entre 5.2 y 7 (Pacco, 2018).



- **pH**

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 7 (Barrios, 2004). El parámetro óptimo del pH de la SN influye directamente sobre la absorción de los nutrientes por parte de la planta y recomienda mantener el rango de pH de 5.5 a 7, donde se encuentra la mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas, fuera de ese rango los nutrientes resultan inaccesibles para ser absorbidos por la planta (Gilsanz, 2007). 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, estos ácidos y bases se utilizan diluidos a concentraciones 1 N (Ramírez, 2017).

- **Conductividad eléctrica (CE)**

La CE indica el contenido de sal de la solución, el rango de CE para un adecuado desarrollo del cultivo de lechuga se encuentra entre 1.5 a 2.5 mS/cm (Mendoza, 2017). Esta evaluación debe realizarse al menos una vez por semana durante el período post-almacigo hasta el trasplante definitivo. Si la SN supera el rango óptimo de la CE, se debe agregar agua, o en caso contrario si está por debajo del rango óptimo, se debe renovar por completo (Barrios, 2004).

La CE representa la concentración total de sales solubles presentes en el agua de riego, la medición de la CE se realiza mediante un conductímetro y se puede expresar en diferentes unidades, en dS/m, mS/cm o mS/cm ( $1\text{dS/m} = 1\text{ mS/cm} = 1000\text{ mS/cm}$ ). (Torres y Arocutipa, 2020).



- **Temperatura ( $T^{\circ}$ )**

Es necesario mantener la  $T^{\circ}$  de la SN entre 14 y 25 °C con el fin de prevenir una absorción reducida de los nutrientes, puesto que a  $T^{\circ}$  entre los 10 a 13 °C se observa una disminución de elementos N, P, K, Ca, mientras que con  $T^{\circ}$  mayores a 25 °C disminuye el oxígeno disuelto en la solución (Milton, 2018).

- **Oxigenación de la solución nutritiva**

La oxigenación puede ser manual (agitando la solución manualmente por algunos segundos dos veces al día, cuando la temperatura es alta se requiere mayor oxigenación) o mecánica mediante una compresora (Calsina, 2015). La oxigenación es importante para facilitar el intercambio gaseoso, promoviendo el desarrollo de las raíces y el crecimiento de la planta (Milton, 2018).

La falta de oxígeno provoca la fermentación de la solución y como resultado la pudrición de las raíces por la presencia de microorganismos. Las raíces sanas y bien oxigenadas deben ser blanquecinas, de lo contrario se volverán negras debido a la muerte del tejido radicular (Barrios, 2004).

### **2.2.2.9 Ventajas y desventajas de los cultivos hidropónicos**

Según Beltrano y Gimenez (2015) y Zarate (2015), consideran las siguientes ventajas para los cultivos hidropónicos:

- No depende de fenómenos meteorológicos.
- Control y manejo eficiente y fácil del pH, salinidad y factores ambientales.
- Ausencia total de malezas y reducción de incidencia de plagas y enfermedades.
- Ahorro y eficiencia en el uso de agua y fertilizantes.
- Se incrementan los rendimientos por unidad de superficie.



- Posibilidad de varias cosechas al año.
- Mejora la calidad y uniformidad en los productos cosechados.
- Mayor limpieza e higiene en los productos obtenidos.
- Se puede producir en casi cualquier sitio incluyendo desiertos o zonas áridas.
- Son cultivos inocuos para la salud de las personas.
- Es una técnica moderadamente fácil de aprender y practicar.
- Menos espacio para una mayor producción.
- Se evita la maquinaria agrícola (tractores, rastras).
- Mayor precocidad de los cultivos.
- Alto porcentaje de automatización.
- Recupera la inversión con rapidez.

Según Quispe (2015), afirma las desventajas que presentan los cultivos hidropónicos:

- En cultivos comerciales, precisa tener conocimientos acerca de las especies que se siembran.
- El personal encargado debe poseer un moderado nivel técnico y de conocimiento, puesto que se manejan datos como pH, CE, T° y Oxígeno disuelto, que se deben interpretar.
- Inversión inicial relativamente alta.
- Requiere mantenimiento y cuidado de las instalaciones, solución nutritiva, materiales, etc





### **2.2.3 Abonos orgánicos**

Los abonos orgánicos son todos los materiales de origen orgánico, como desechos de origen vegetal y animal, que puede ser descompuesto por la acción de microorganismos esenciales como bacterias, hongos, actinomicetos, etc (Benites, 2014).

La importancia de los abonos orgánicos radica en que son una gran fuente de nutrientes esenciales, materia orgánica, además de mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo (Cardena, 2012). Por otro lado, los fertilizantes inorgánicos son producidos por métodos industriales, como los fertilizantes nitrogenados (hechos a partir de combustibles fósiles) como la urea, o los obtenidos de la minería, como los fosfatos, K, Ca y Zn (Benites, 2014). Actualmente, el consumo de abonos orgánicos está aumentando debido a la demanda de alimentos orgánicos y la conciencia de la gente sobre la protección del medio ambiente.

#### **2.2.3.1 Estiércol**

Son excrementos de los animales que resultan como desechos del proceso de digestión de los alimentos que consume, el 60 y 80% de lo que consume el animal lo elimina como estiércol (Borrero, 2001). Los estiércoles dependiendo de su procedencia, poseen diversos nutrientes y por lo general tienen altos contenidos de N, entre ellos se encuentran los producidos por la ganadería, avicultura, porcicultura, capricultura, cunicultura y la ovicultura entre otros (Garro, 2016). La calidad del estiércol depende de la especie, el tipo de cama y el tipo de alimento que consume (Iglesias, 2000). De todos los forrajes que consumen los animales (ovino, vacuno, camélidos, cuyes, etc), solo una quinta parte es utilizada en su desarrollo y reproducción, el resto es eliminado en el estiércol y la orina (Benites, 2014).

El estiércol es una fuente importante de abono orgánico y su apropiado manejo es una excelente alternativa para ofrecer nutrientes a las plantas N, P, y K (Iglesias, 2000). La transformación en la composición del estiércol depende de la especie, la alimentación, contenido de materia (fresco o seca). El estiércol contiene: 0.5% de N, 0.25% de P y 0.5% de K, es decir que una tonelada de estiércol ofrece un promedio de 5kg de N, 2.5 kg de F, 5kg de K. Al estar expuesto al sol y a la intemperie, el estiércol pierde en general su valor (INIA,2006), citado por (Gomez, 2018).

### 2.2.3.2 Estiércol de cuy

El estiércol de cuy es muy utilizado en la elaboración de abonos orgánicos, por su alto contenido de nutrientes especiales de micronutrientes (Barreros, 2017). De acuerdo con INIA, el estiércol de cuy concentra mayor cantidad de nutrientes como el N, P y K, componentes que son los que mayormente utilizan las plantas (Castro, 2016).Es uno de los mejores abonos para los cultivos.

**Tabla 5.** Composición química del estiércol de cuy.

Nutrientes (ppm)	%
Nitrógeno	0.70
Fosforo	0.05
Potasio	0.31
pH	10

**Fuente:** (Barreros, 2017).

- **Ventajas al utilizar estiércol de cuy**

Mantiene la fertilidad del suelo, el abono no contamina, se obtiene cosechas sanas, se logran buenos rendimientos, mejora las características físicas, químicas y biológicas del suelo y no posee malos olores por lo tanto no atrae moscas(Barreros, 2017).

### 2.2.3.3 Estiércol de ovino

El estiércol de ovino es uno de los abonos más ricos y equilibrados ya que se obtiene de las ovejas que pastan en el campo y se alimentan de una gran variedad de plantas silvestres. Sin embargo, es un abono fuerte que es necesario fermentar antes de incorporarlo al campo agrícola. También es bueno para el compost o para preparar fertilizantes de estiércol líquido (Benites, 2014). A manera general, unos 30g de estiércol de ovino es equivalente a 1 kg de estiércol de vacuno (Gomez, 2018).

Los forrajes que consumen los ovinos, solo una quinta parte es utilizada para el mantenimiento, para aumentar de peso y producción, el resto es eliminado en el estiércol y la orina. El estiércol de ovino contiene los siguientes nutrientes: N 0.8 %, P 0.5 %, K 0.4% y pH 8.5 más toda la gama de oligoelementos. El estiércol fresco contiene de 30 a 85% de agua y todos los nutrientes inorgánicos que necesita la planta (Benites, 2014). Es importante conservarlo en un lugar fresco y seco para evitar la pérdida de sus propiedades (Iglesias, 2000).

**Tabla 6.** Composición química del estiércol de ovino.

<b>Animal</b>	<b>Humedad</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Fe</b>	<b>Mg</b>	<b>Volátiles</b>	<b>Grasa</b>
	<b>%</b>	<b>Kg/tn</b>							
<b>Oveja</b>	65	6.0	4.0	3.0	8.5	9.16	1.8	174	7.8

**Fuente:**(Benites, 2014).

### 2.2.3.4 Estiércol de vacuno

El estiércol de vacuno está compuesto por excremento sólido y líquido, mezclado generalmente con ciertos materiales usados para la cama, como la paja, pastos, etc. En general el estiércol de fresco de los bovinos contiene de 20 a 25% de materia seca (Gomez, 2018),y contiene 83.2% de humedad, 1.67% de N, 1.08% de P, 0.56% de K



(CEDECO, 2005), asimismo, los animales excretan al ambiente entre 60 y 80% de N y P que ingieren, a través de la orina y las heces (Peralta *et al.*, 2016). El estiércol de vacuno contiene 1.1-3% de N, 0.3-1% de P, 0.8-2% de K, estos nutrientes se liberan paulatinamente. El contenido de nutrientes en el estiércol varía dependiendo de la clase de animal, dieta, y el método de almacenamiento (Castro, 2016). Cuando hay un buen almacenamiento y conservación de estiércol de vacuno se puede considerar el contenido promedio en: 0.5% de N, 0.25% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 0.5% de K<sub>2</sub>O (Gomez, 2018).

El estiércol de vacuno tiene dos componentes, sólido y líquido. El sólido representa la mayor parte de la materia no digerida y el líquido representa la materia digerida absorbida por el animal y luego excretada. El estiércol sólido en promedio contiene la mitad o más de N como una tercera parte de K y casi todo el P que excreta el animal. Los nutrientes vegetales de la fracción líquida u orina son solubles y son o directamente aprovechables para las plantas (Gomez, 2018). El estiércol expuesto al sol, la lluvia y el viento, pierde de un 50 % a un 60 % de su riqueza (CEDECO, 2005).

#### **2.2.4 Biol**

Es un abono orgánico líquido también llamado biofertilizante líquido, resultado de un proceso de fermentación en ausencia de aire (anaeróbica) de restos orgánicos de animales y vegetales (Tito, 2016). El biol contiene nutrientes de alto valor nutritivo que estimulan el crecimiento y desarrollo y producción en las plantas (Alvarez, 2010), debido a que son ricos en nitrógeno amoniacal, hormonas, vitaminas y aminoácidos. Estas sustancias ayudan a regular el metabolismo de las plantas y también pueden ser un buen complemento para la fertilización integral del suelo (Cajamarca, 2012).

La elaboración del biol se realiza en forma manual, dependiendo su composición y propiedades del contenido nutricional de los materiales con los que se está elaborado.

Podemos usar cualquier tipo de estiércol y de planta, dependiendo de la actividad ganadera (vacunos, ovino, camélidos o animales menores) y la diversidad vegetal de nuestra comunidad (Medina, 2014), puede ser utilizado en una gran variedad de cultivos, de ciclo corto, anual, bianual, perenne, gramíneas, forrajeras, leguminosas, frutas, hortalizas, raíces, tubérculos y ornamentales, con aplicaciones dirigidas a la floración, al follaje al suelo, a la semilla y a la raíz (Gomez, 2018). Se puede preparar en diferentes envases, tales como mangas de plástico, cilindros , bidones y baldes (INIA, 2008).



**Figura 3.** Biodigestor para la obtención del biol

**Fuente:** <https://www.portalfruticola.com/noticias/2021/09/29/elaboracion-y-usos-del-biol-un-abono-natural-en-la-agricultura-sostenible/>

#### 2.2.4.1 Principales funciones del biol

- Complementa la nutrición de las plantas para asegurar mayor rendimiento e incrementa la calidad de los cultivos.
- Reaviva las plantas que sufren estrés, por plagas, enfermedades.
- Promete productos de mejor calidad, durabilidad y conservación.
- Ofrece alimentos orgánicos libre de químicos (Medina, 2014) y (Alvarez, 2010).



#### **2.2.4.2 Tiempo de fermentación del biol**

La obtención del biol depende del clima y de las características del biodigestor en el sistema del digestor anaeróbico (Peralta *et al.*, 2016). La descomposición y fermentación para la obtención del biol está relacionada con el clima, en climas fríos ocurre en 75 a 90 días, mientras que en clima cálidos en 30 a 45 días (INIA, 2008).

#### **2.2.4.3 Ventajas del biol**

No es tóxico ni contamina el medio ambiente ya que es un abono obtenido a partir de productos sanos y saludables (Arana, 2011). Mejora el vigor del cultivo y le permite resistir mejor al ataque de plagas y enfermedades y los efectos nocivos del mal clima (heladas, granizo y sequía), permite que las raíces, hojas, flores y frutos se desarrollen mejor, es rápidamente absorbido por las plantas debido a su alto contenido en hormonas de crecimiento vegetal, aminoácidos y vitaminas (Alvarez, 2010). Conserva mejor NPK y Ca, debido a la descomposición anaeróbica, lo que permite aprovechar totalmente los nutrientes (Milton, 2018). Se puede elaborar a partir de insumos que se encuentran en la comunidad, no requiere receta específica, los insumos pueden variar (Cajamarca, 2012). Su preparación es fácil y se puede adecuar a diferentes tipos de envases, tiene bajos costos de producción y no requiere inversión (INIA, 2008).

#### **2.2.4.4 Desventajas del Biol**

Tiene un largo tiempo de preparación: entre 2 a 3 meses, esto hace necesario planificar su producción anticipadamente, dependiendo de las necesidades de abono (Arana, 2011). En grandes extensiones de terreno, es necesaria una mochila para su aplicación (INIA, 2008). Cuando no se protegen de los rayos solares directos tienden a malograrse (Milton, 2018). No debe excederse la dosis al aplicar en un cultivo, debido a las quemaduras que causaría en el follaje de la planta, las lesiones ocasionadas marchitan



a la planta y en transcurso de un tiempo corto muere, causando pérdidas económicas (Gomez, 2018).

#### **2.2.4.5 Cosecha del biol**

El momento indicado para la cosecha del biol es cuando el color del agua de la botella es verdusco, la coloración se debe a que el líquido del biodigestor ya termino de emitir los gases resultantes de la degradación del biol, como afirma (Alvarez, 2010), y la otra forma es cuando ha dejado de burbujear en la botella y el líquido final es de color marrón verde oscuro, luego se abre el biodigestor, extrayendo el líquido, que está en la parte superior del bidón y cernir el biol en mallas antes de almacenarlo en depósitos definitivos (botellas de descartable).La parte sólida, restante en el bidón se podrá usar como abono orgánico (Toalombo, 2013).

#### **2.2.4.6 Almacenamiento del biol**

El biol cosechado se debe almacenar en envases de plásticos herméticamente cerrados, en un lugar bajo sombra, no colocar en lugares soleados, para no correr el riesgo que los envases se revienten y antes de usarlo se debe agitar para homogenizarlo (Alvarez, 2010).

Se puede guardar hasta por una campaña, sin que el producto se malogre o pierda su valor, siempre y cuando se almacene en lugares frescos y en recipiente bien cerrado (Mendoza, 2018).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDIO

La investigación se realizó en el invernadero de Investigación Formativa Ambiental de la Universidad Nacional del Altiplano, Oficina de Gestión Ambiental, cuya ubicación es al frente de la UNA- Puno. Localizada en las coordenadas UTM X:8249767, Y:0391157, Zona 19 a una altitud de 3819 msnm, el trabajo de investigación tuvo una duración de seis meses, es decir de octubre de 2020 hasta marzo de 2021, para evaluar los parámetros establecidos según los objetivos propuestos en el estudio experimental.



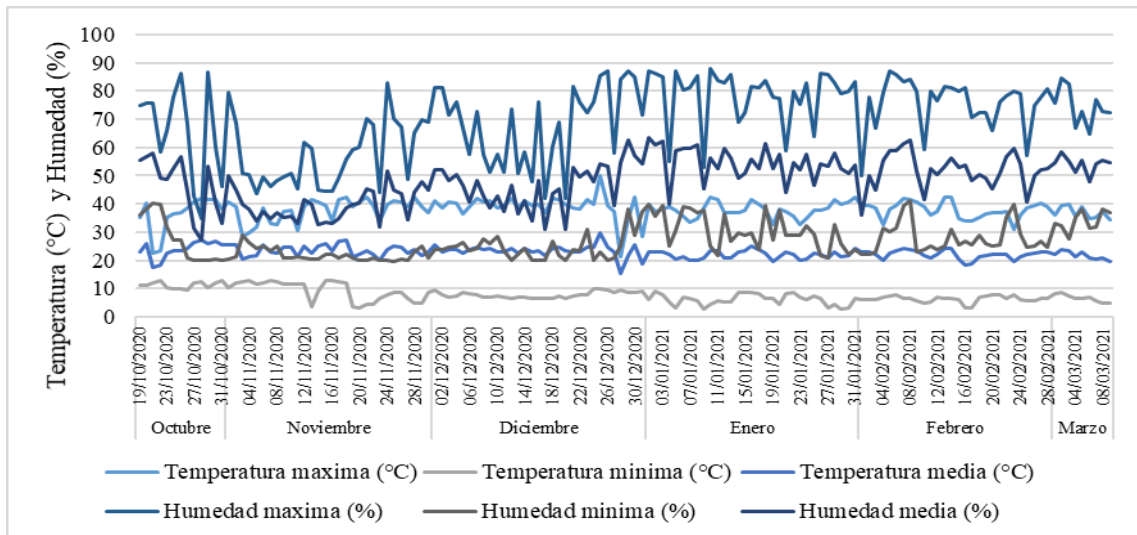
**Figura 4.** Imagen satelital del lugar donde se realizó la investigación.

**Fuente:** (Google earth).

##### 3.1.1 Registro climatológico del invernadero

El registro de la temperatura ambiental y la humedad, dentro del invernadero se aprecia en el (Anexo: Tabla 22) y en la Figura 5, que comprende desde la fase de elaboración del biol, la germinación de la lechuga hasta la cosecha, los datos fueron obtenidos mediante un TERMOHIGROMETRO de la marca (BOECO Germany) que mide la temperatura (°C) y la humedad (%).





**Figura 5.** Temperatura ambiental (°C) y la humedad (%) registrada del invernadero.

El promedio de la temperatura media del invernadero fue de 22.81°C, y una máxima de 37.92°C y mínima de 7.69°C y la humedad media es de 48.33 %, con un máximo de 69.81 % y mínima de 26.85% de humedad.

### 3.2 TIPO DE ESTUDIO

La siguiente investigación es de tipo experimental y exploratorio, debido a que se busca conocer el cultivo hidropónico con solución nutritiva a base de biol de cuy, ovino y vacuno, mediante la evaluación de las características fenotípicas: en número de hojas, altura de la planta, longitud de la raíz, peso fresco de las hojas, peso fresco de la raíz y del análisis bromatológico.

- **Población y muestra**

Se tiene una población de *Lactuca sativa* de 168 individuos distribuidos en 28 bandejas. La muestra estuvo conformada por 9 tratamientos con 3 repeticiones más 1 testigo (Sampieri *et al.*, 2014).



### **3.3 METODOLOGÍA POR OBJETIVOS ESPECIFICOS**

#### **3.3.1 Evaluar las características fenotípicas de la lechuga hidropónica en respuesta a la aplicación de las soluciones nutritivas a base de biol de cuy, ovino y vacuno en condiciones de invernadero.**

##### **3.3.1.1 Elaboración del biol**

###### **Materiales para la elaboración del biol:**

- 03 recipientes (balde) de 10 L con tapa hermética
- 03 mangueras transparentes de PVC de ¼ de pulgada
- 01 soldimix
- 03 unidades de botellas descartables transparente de ½ litro
- 01 unidad de cinta embalaje
- 01 balanza digital
- 01 cúter

###### **Insumos para la preparación del biol a base de estiércol de cuy**

- 07 L de agua limpia
- 500 gr de estiércol de cuy
- 400 ml de leche fresca
- 200 gr de alfalfa
- 350 gr de restos de pescado
- 300 gr de azúcar rubia
- 200 gr de ceniza

###### **Insumos para la preparación del biol a base de estiércol de ovino**

- 07 L de agua limpia
- 500 gr de estiércol de ovino



- 400 ml de leche fresca
- 200 gr de alfalfa
- 350 gr de restos de pescado
- 300 gr de azúcar rubia
- 200 gr de ceniza

#### **Insumos para la preparación del biol a base de estiércol de vacuno.**

- 07 L de agua limpia
- 500 gr de estiércol de vaca
- 400 ml de leche fresca
- 200 gr de alfalfa
- 350 gr de restos de pescado
- 300 gr de azúcar rubia
- 200 gr de ceniza

#### **Proceso de elaboración del Biol (solución nutritiva)**

La elaboración del biol a base de estiércol de cuy, ovino y vacuno, se realizó de la siguiente manera:

- a. El estiércol de cuy, ovino y vacuno se recolectó del C. P. Villa Socca -Distrito de Acora -Puno.
- b. El biol se elaboró en 3 recipientes de 10 L con tapa hermética.
- c. Cada tipo de estiércol e insumos fue pesado en una balanza digital.
- d. El estiércol de animal respectivo fue diluido en un recipiente con agua de 7 L.
- e. En cada uno de los 3 recipientes se mezcló homogéneamente el estiércol respectivo y los demás insumos como (la leche, alfalfa, restos de pescado, azúcar y ceniza) con un palo.

- f. Luego se realizó un agujero en la tapa del recipiente al diámetro de la manguera de 1/4 pulgada y se pegó bien con el soldimix, luego se introdujo el otro extremo de la manguera en una botella descartable con agua para la extracción de los gases de la fermentación.
- g. Cada recipiente con todos los insumos bien diluidos fue cerrado herméticamente para la fermentación anaeróbica durante 45 días: Véase en el (Anexo: Figura 18).
- h. Terminada el proceso de fermentación. Se procedió a colar el biol utilizando un colador regular y luego colador de doble capa, depositándolo en un envase de botellas de descartable (Anexo: Figura 19).
- i. Una vez obtenidas el biol se mandó al laboratorio para hacer un Análisis Químico.

### 3.3.1.2 Análisis Químico del biol de cuy, ovino y vacuno.

Para el trabajo de investigación se elaboró el biol a base de (cuy, ovino y vacuno) en el invernadero.

El análisis químico del biol de (cuy, ovino y vacuno), se realizó en el Laboratorio de Aguas y Suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de UNA- Puno, cuyos resultados también se muestran en el (Anexo: Figura 15).

**Tabla 7.** Análisis químico del biol de cuy, ovino y vacuno.

Parámetros	M-01	M-02	M-03
	Biol de cuy	Biol de ovino	Biol de vacuno
pH	5.28	5.74	5.79
C.E. mS/cm. (relación 1:2.5)	17.10	18.67	15.95
Temperatura °C	14.4	14.3	14.3
Fosforo total (% de $P_2O_5$ )	9.80	8.70	8.10
Nitrógeno total (% de N)	2.02	1.93	1.45
Potasio total (% de $K_2O_5$ )	3.10	2.40	1.90
Materia orgánica (%M.O.)	1.40	1.20	1.10

**Fuente:** Laboratorio de aguas y suelos UNA-Puno-2022.

De acuerdo con los datos de la tabla 7, se observa que el valor de pH registrado del biol de vacuno es (5.79), seguido por el biol de ovino con (5.74) y biol de cuy con (5.28) que se consideran como acidas. La CE del biol de ovino es (18.67 mS/cm), seguido por el biol de cuy con (17.10 mS/cm) y el biol de vacuno con (15.95 mS/cm). El mayor contenido de Nitrógeno total tiene el biol de cuy con (2.02%), seguido por el biol de ovino con (1.93%) y el biol de vacuno con (1.45%). En contenido de Fosforo total, el biol de cuy tiene (9.80%), seguido por el biol de ovino con (8.70%) y el biol de vacuno con (8.10%). En contenido de Potasio total, el biol de cuy tiene (3.10%), seguido por el biol de ovino (2.40%) y del biol de vacuno con (1.90%).

### 3.3.1.3. Análisis Físico-químico del agua.

Para el trabajo de investigación también se realizó el análisis Físico-químico del agua, donde se realizó en el Laboratorio de Aguas y Suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de UNA- Puno, cuyos resultados también se muestran en el (Anexo: Figura 14).

**Tabla 8.** Análisis físico-químico del agua.

<b>Análisis Organolépticos</b>		
Aspecto	Líquido	
Color	Incoloro	
Olor	Incoloro	
Sabor	Insípido	
<b>Análisis Físico-Químico</b>		
pH	07:04	
C.E.	1.45 mS/cm	
T°	16.0	
<b>Análisis Químico</b>		
Dureza total (como $\text{CaCO}_3$ )	752.40	mg/l
Alcalinidad (como $\text{CaCO}_3$ )	221.38	mg/l
Cloruros (como $\text{Cl}^-$ )	241.13	mg/l
Sulfatos (como $\text{SO}_4^{=}$ )	102.00	mg/l

Nitratos (como $\text{NO}^{-}_3$ )	0.02	mg/l
Calcio (como $\text{Ca}^{++}$ )	155.04	mg/l
Magnesio (como $\text{Mg}^{++}$ )	88.00	mg/l
Solidos Disueltos totales	0.72	g/l

**Fuente:** Laboratorio de aguas y suelos de la UNA-Puno 2022.

De acuerdo con los datos de la tabla 8, se puede observar los resultados del análisis Físico -químico del agua, donde el contenido de pH es de 7.04 que es neutro y la CE es de 1.45mS/cm considerado óptimo para el cultivo, con una T° de 16°C. La Dureza Total es de 752.40 mg/l, la Alcalinidad es de 221.38 mg/l, los Cloruros es de 241.13 mg/l, Sulfatos de 102.00 mg/l, Nitratos de 0.02 mg/l, Calcio de 155.04 mg/l, Magnesio de 88.00 mg/l y los Solidos totales es de 0.02 g/l.

#### **3.3.1.4. Material experimental**

Las semillas de la lechuga (*Lactuca sativa L.*) de variedad Waldmanns Green, fueron adquiridas en la Agro veterinaria AGRO SUR, de la ciudad de Puno, luego germinadas en el Invernadero.

#### **3.3.1.5. Metodología de la instalación del experimento**

- **Siembra en almácigos**

La siembra de la lechuga se realizó en almácigos de 34x16 cm, en sustrato de tierra negra y humus de lombriz, cernida y mezclada 1:1, las mismas que fueron humedecidas previamente, luego se procedió al nivelarlo con una regla donde se realizó hileras o surcos de 2 cm con una profundidad de 0.5 cm, una vez ya sembradas las semillas se cubrió con el mismo sustrato. Posteriormente se tapó con el papel periódico para brindar condiciones de humedad y oscuridad al almacigo, se rego con el pulverizador 1 ves al día para mantener el sustrato húmedo.



- **Germinación y crecimiento:**

Las plántulas germinaron a los 4 días y se retiró el papel periódico para el inicio del crecimiento foliar y se siguió regando con agua 1 vez al día hasta el día del trasplante. Véase en el (Anexo: Figura 20).

- **Instalación del sistema raíz flotante (SRF)**

- a. Preparación y acomodo de andamios**

Dentro del invernadero se ha instalado los andamios respectivos un total de 55 bloquetas que darán soporte a los 28 contenedores con capacidad de 12 L de agua.

- b. Construcción de los contenedores**

Los contenedores son recipientes o deposito tipo bandejas o cajas, donde se desarrollarán las plantas, debe ser resistente al peso que soportara y tener el tamaño apropiado para el cultivo.

Se procedió a construir 28 contenedores de madera de las siguientes medidas 50x40 cm con 0.12 cm de profundidad.

- c. Impermeabilización de los contenedores**

Para impermeabilizar los contenedores primero se forro con cartón, para cubrir cualquier astilla o clavo que tenga la madera para que no dañe el nylon, se aseguró muy bien el cartón con chinchas y tachuelas, una vez ya terminada se forro con nylon negro de 150 migras cuya función es mantener la SN y para que no penetre la radiación solar a las raíces de la lechuga.

- d. Preparación de las planchas de tecnopor**

Se utilizo 16 unidades de planchas de tecnopor de 1 pulgada con las siguientes medidas de 1m x 0.50m, se procedió a cortar según a las medidas de los contenedores de 50x 40cm. Para luego perforar con un tubo metálico previamente caliente 06 orificios en



cada plancha de tecnopor, por lo tanto, la cantidad total de orificios fueron 168 en 28 planchas.

#### **e. Preparación de los vasitos y esponjas**

Los vasitos que se usaron son de 1 onza, un total de 168 vasitos. Para agujerear el fondo de los vasitos se cortó con la tijera. También se cortó cubos de esponja de 3x3cm con un corte a la mitad de cada cubo, para anillarlo en la base de la plántula con el fin de que quede sujeta al orificio realizado en los vasitos.

#### **f. Instalación de los contenedores**

Una vez ya listo los contenedores, planchas de tecnopor, vasitos, esponja y SN. Se procedió a la ubicación de acuerdo al croquis, véase en la Figura 07, y diseño experimental planteado: con 3 bloques de biol de cuy, ovino y vacuno con 9 tratamientos, 3 repeticiones más 1 testigo.

#### **g. Preparación de la solución nutritiva**

Primero se llenó con agua de 12 litros a cada contenedor, luego se le añadió las dosis correspondientes de cada SN a cada tratamiento.

Para el T0 (testigo), se utilizó la solución nutritiva química (SNQ) donde se adquirió de la Hidroponía Sur – Asesoría de la Ciudad de Arequipa, la solución consiste en Solución madre A esta compuesta de los macronutrientes (N, P, K), solución madre B está compuesta de Mg, S y los micronutrientes (Fe, Cu, Mn, Zn, B, Mo) y solución madre C este compuesto de los macronutrientes (N, Cl). La dosis que se le añadió es de 5 ml/L de cada solución madre A, B y C en 12 litros de agua.

Para los demás tratamientos del cultivo hidropónico, como SN se les añadió biol (cuy, ovino y vacuno) para; T1: biol de cuy 400ml/12L, T2: biol de cuy 300ml/12L, T3: biol de cuy 200ml/12L; T4: biol de ovino 400ml/12L, T5: biol de ovino 300ml/12L, T6:





biol de ovino 200ml/12L; T7: biol de vacuno 400ml/12L, T8: biol de vacuno 300ml/12L, T9: biol de vacuno 200ml/12L. Véase el (Anexo: Figura 21).

#### **h. Trasplante definitivo**

A los 18 días después de la siembra se procedió a trasplantar los plantines, las cuales tenían de 3 a 4 hojas, seleccionando los más fuertes y vigorosos, se humedeció la tierra con agua para suavizarla y poder retirarla, sin maltratar ni tocar las raíces solo tocamos el tallo, se lavó las raíces con agua para eliminar el exceso de tierra.

Luego con una esponja se anillo la base de la plántula debiendo quedar la raíz en la parte baja y las hojas en la parte superior, luego se colocó la plántula con la esponja, en el vasito descartable de 1 onza, quedando la raíz en la parte inferior del vasito, para luego colocar en los hoyos ya hechos en la plancha del tecnopor para que esta quedara sujeta y así evitar su caída al fondo del contenedor. Para finalmente colocar el tecnopor en el contenedor con la SN al 100 %, donde flotara y las raíces quedarán sumergidas en la solución, donde se desarrollarán hasta el día de la cosecha. Véase el (Anexo: Figura 22).

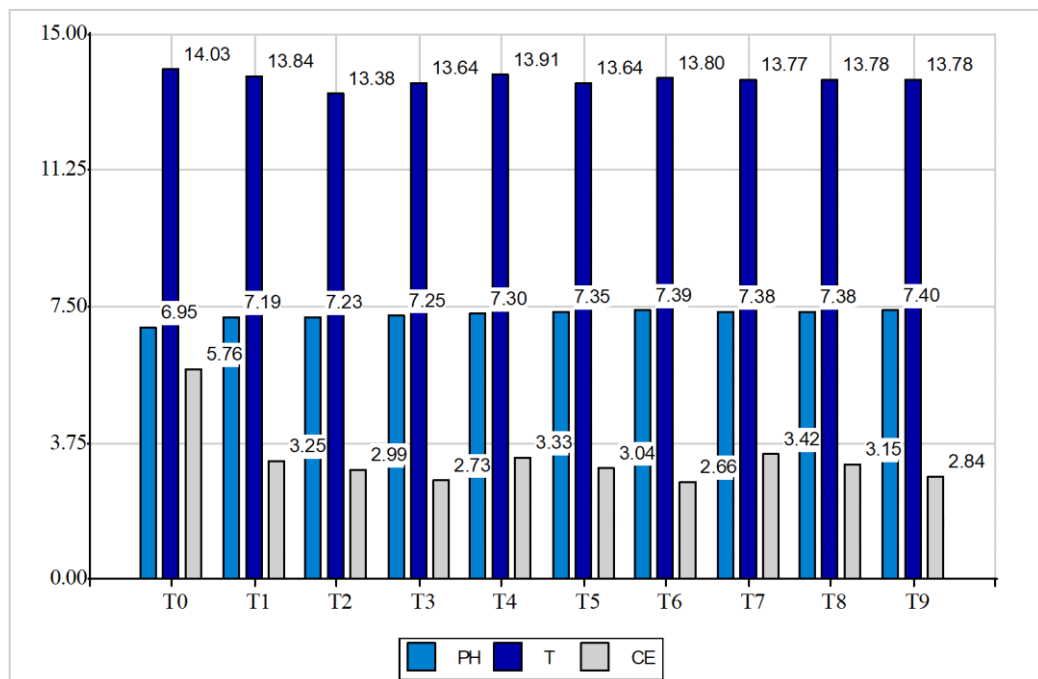
#### **i. Oxigenación de la solución nutritiva**

Las raíces de las lechugas necesitan oxígeno, por lo tanto, la oxigenación se realizó de forma manual 2 veces al día por la mañana y por la tarde todos los días, ya que los componentes del biol suelen precipitarse en el fondo y para que sea una mezcla homogénea fue necesario agitar y remover el sedimento del fondo de los contenedores. Para poder oxigenar la SN, se levantó las planchas de tecnopor evitando romperlas y con la ayuda de una jarra se agitó el agua por varios minutos, hasta formar burbujas de aire en el mismo a fin de facilitar la absorción de oxígeno por las raíces y mantener la SN homogénea. Véase en el (Anexo: Figura 25).

### j. Control de pH, CE, T°

El control de los parámetros físico químicos de la SN del cultivo hidropónico, se realizó desde el primer día del trasplante hasta el día de la cosecha. Véase el (Anexo: Tabla 23, 24 y 25), donde se realizó con los siguientes equipos: Peachimetro pHep by HANNA mide la T° y pH, TDS & EC meter (hold) mide CE y T°. Véase en el (Anexo: Figura 26 y 27).

En la figura 6 se observa el grafico de los promedios del pH, T° y la CE de los 09 tratamientos más el testigo; T0 (testigo) con dosis de (SNQ); T1, T2, T3 biol de cuy como (SN); T4, T5, T6 con biol de ovino como (SN); T7, T8, T9 con biol de vacuno como (SN) en donde se observa que no hay diferencia significativa entre los tratamientos.



**Figura 6.** Promedio de los parámetros físico químicos de la solución nutritiva; pH, T° y CE.

#### 3.3.1.6. Características del campo experimental

##### a) Área experimental

- Largo del campo experimental 5 m
- Ancho del campo experimental 1.50 m
- Área total del experimento 7.5 m<sup>2</sup>

**b) Bloques**

- Número de bloques 03
- Largo 1.50 m
- Ancho 1.20 m
- Distanciamiento entre bloques 30cm

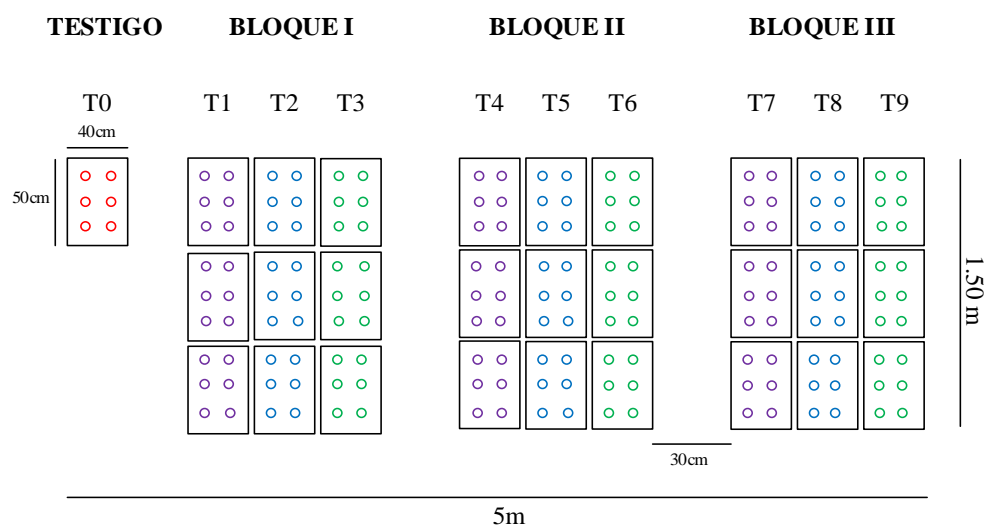
**c) Contenedores para sistema hidropónico raíz flotante**

- N° de contenedores 27 + 1
- Largo 50 cm
- Ancho 40 cm
- Altura 12 cm

**d) Cultivo hidropónico en sistemas raíz flotante (Contenedores)**

- Número de plantas / Contenedor: 6
- Número de plantas / Tratamiento: 18
- Número de plantas/ Bloque: 54
- Número de plantas / Total de bloques: 162 + 6 del testigo
- Distanciamiento entre plantas:13.5 cm

**Croquis experimental de la instalación del proyecto:**



**Figura 7.** Croquis experimental del proyecto.

### 3.3.1.7. Factores de estudio

Para la siguiente investigación primero se realizó la elaboración del biol de cuy, ovino y vacuno para la SN del cultivo hidropónico, cuyos tratamientos describen su dosis de solución, enumerados a continuación:

#### Factor Biol:

- Biol a base de estiércol de cuy (B1)
- Biol a base de estiércol de ovino (B2)
- Biol a base de estiércol de vacuno (B3)

#### Factor de dosis:

- Dosis D0 5ml/L
- Dosis D1 400ml/12L
- Dosis D2 300ml/12L
- Dosis D3 200ml/12L

#### Tratamientos en estudio

**Tabla 9.** Descripción de tratamientos con sus dosis de solución nutritiva.

Trat.	Tipos de biol	Dosis	Bloques
T0	Testigo (solución nutritiva química)	5 ml/L	B0
T1	Biol de cuy	400ml/12L	B1
T2	Biol de cuy	300ml/12L	B1
T3	Biol de cuy	200ml/12L	B1
T4	Biol de ovino	400ml/12L	B2
T5	Biol de ovino	300ml/12L	B2
T6	Biol de ovino	200ml/12L	B2
T7	Biol de vacuno	400ml/12L	B3
T8	Biol de vacuno	300ml/12L	B3
T9	Biol de vacuno	200ml/12L	B3

### 3.3.1.8. Diseño experimental

En el presente trabajo de investigación para procesar la base de datos, se utilizó el diseño de bloques completo al azar (DBCA) con 9 tratamientos y 3 repeticiones, haciendo un total de 27 unidades experimentales más 1 testigo.

Siendo el modelo estadístico lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = variable de respuesta observada (rendimiento de lechuga)

$\mu$  = Media general de la variable de respuesta

$\beta_j$  = El efecto de bloque sobre el rendimiento de lechuga.

$\alpha_i$  = El efecto de dosis de abonos orgánicos líquidos (biol).

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental

### 3.3.1.9. Frecuencia y muestreo

Para las evaluaciones del cultivo hidropónico de la lechuga se midieron sus características fenotípicas y el análisis bromatológico por cada tratamiento (T0, T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9).

- **Mediciones**

Para las mediciones de las características fenotípicas, se tomaron al azar 03 lechugas por cada tratamiento, dos veces a la semana hasta el día de la cosecha, las mismas que sirvieron para determinar la característica fenotípica en estudio.

- **Número de hojas / planta:** Se procedió a contar las hojas de las lechugas de forma manual. Véase en el (Anexo: Figura 31).



- **Altura de la planta (cm/planta):** Se procedió a medir con una regla la longitud desde el cuello hasta el ápice de la lechuga, expresándose los resultados en cm. Véase en el (Anexo: Figura 24).
- **Longitud de la raíz (cm/ planta):** Se procedió a medir con una regla la longitud de la raíz desde el cuello de la lechuga hasta el extremo de la raíz, expresando los resultados en cm. Véase en el (Anexo: Figura 23).

El día de la cosecha se tomó la biomasa de la lechuga.

- **Peso fresco de hojas (kg/planta):** La medición del peso de las hojas se realizó el día de la cosecha con una balanza digital marca Electronic KITCHEN SCALE KE-4 de 5000g x 1g, con 3 dígitos de precisión 0.1g. Expresando los resultados en gr. Véase en el (Anexo: Figura 32).
- **Peso fresco de la raíz (kg/ planta):** La medición del peso de las raíces se realizó el día de la cosecha con una balanza digital marca Electronic KITCHEN SCALE KE-4 de 5000g x 1g, con 3dígitos de precisión 0.1 gr. Expresando los resultados en gr. Véase en el (Anexo: Figura 33).

#### **3.3.1.10. Aplicación de bioestadística**

Los resultados obtenidos de los parámetros biométricos y de biomasa de las lechugas se analizaron mediante promedios, donde se aplicaron pruebas de análisis de varianza ANOVA y la prueba de Tukey, con nivel de confianza del 0.05%, aplicando el software INFOSTAT versión 2020.

#### **3.3.2 Realizar el análisis bromatológico por cada tratamiento de la lechuga cultivado en sistema hidropónico raíz flotante en condiciones de invernadero.**

Para el análisis bromatológico de la lechuga hidropónica, se tomó 01 muestra representativa de cada tratamiento (T0,T1,T2,T3,T4,T5,T6,T7,T8,T9), las cuales fueron



colocadas en unas bolsas de papel craff, debidamente codificadas y fueron llevadas al Laboratorio de Aguas y Suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agrarias UNA-Puno, para su respectivo análisis de (porcentaje de humedad, porcentaje de materia seca, porcentaje de ceniza, porcentaje de proteína, porcentaje de grasa, porcentaje de carbohidratos y energía Kcal).

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 EVALUAR LAS CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS DE LA LECHUGA HIDROPÓNICA EN RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS A BASE DE BIOL DE CUY, OVINO Y VACUNO EN CONDICIONES DE INVERNADERO.

##### 4.1.1 Número de hojas/ planta

En la Tabla 10, se muestra el análisis de varianza del número de hojas/planta contabilizado desde el día del trasplante hasta la cosecha, por cada tratamiento experimental, donde presentaron diferencias significativas ( $p < 0.0001$ ) entre si respecto al testigo, lo que implica que la SNQ, es superior a los demás tratamientos con biol de cuy (estiércol de cuy adicionado con leche fresca, alfalfa, resto de pescado, azúcar y ceniza), biol de ovino (estiércol de ovino adicionado con leche fresca, alfalfa, resto de pescado, azúcar y ceniza), y biol de vacuno (estiércol de vacuno adicionado con leche fresca, alfalfa, resto de pescado, azúcar y ceniza), donde se obtuvo un coeficiente de variabilidad (C.V.) de 11.61 %. Esto indica que, el error experimental fue controlado satisfactoriamente e indica que existe confianza en los resultados.

**Tabla 10.** Análisis de la Varianza de número de hojas/planta, por efecto de vióles de cuy, ovino y vacuno. Puno-2022.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo</b>	140.13	9	15.57	16.11	<0.0001
<b>Tratamiento</b>	140.13	9	15.57	16.11	<0.0001
<b>Error</b>	19.33	20	0.97		
<b>Total</b>	159.47	29			

CV = 11.61%



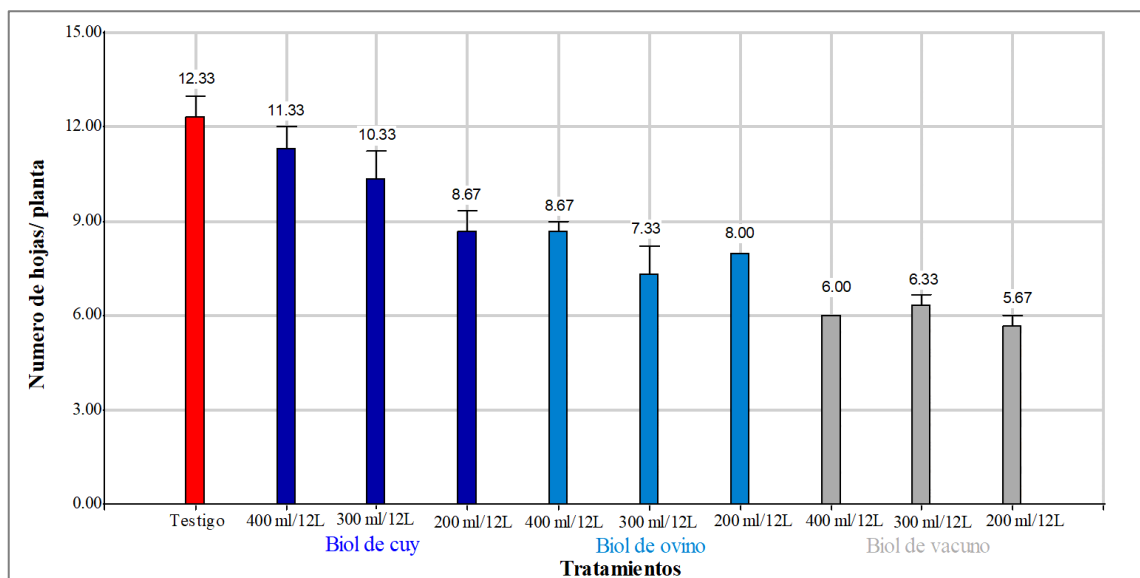
En la tabla 11, se muestra la prueba de comparación de Tukey ( $P \leq 0.05$ ), para el número de hojas/planta. Siendo el tratamiento testigo con SNQ, (T0) a 5ml/L es estadísticamente superior, con 12.33 hojas/planta, superando a todos los tratamientos con biol como (SN) donde el mayor número de hojas/ planta es el (T1) de 400 ml/12L de biol de cuy con 11.33 hojas/planta es la que presento mayor respuesta al biol; luego en segundo lugar el (T2) de 300 ml/12L de biol de cuy con 10.33 hojas/planta; seguido en tercer lugar el (T4) de 400 ml/12L de biol de ovino con 8.67 hojas/planta; el cuarto lugar el (T3) de 200 ml/12L de biol de cuy con 8.67 hojas/planta; el quinto lugar con el (T6) de 200 ml/12L de biol de ovino con 8.00 hojas/planta; el sexto lugar el (T5) de 300 ml/12L de biol de ovino con 7.33 hojas/planta; el séptimo lugar el (T8) de 300 ml/12L de biol de vacuno con 6.33 hojas/planta; el octavo lugar el (T7) de 400 ml/12L de biol de vacuno con 6.00 hojas/planta y la que tuvo la menor respuesta al biol en noveno lugar el (T9) de 200 ml/12L de biol de vacuno con 5.67 hojas/planta, mostrando que el biol cuy, muestra el mejor desarrollo entre los tratamientos.

**Tabla 11.** Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el número de hojas/planta, por efecto de viales de cuy, ovino y vacuno. Puno-2022.

Tratamiento	Medias	n	E.E.					
<b>T0</b>	12.33	3	0.57	A				
<b>T1</b>	11.33	3	0.57	A	B			
<b>T2</b>	10.33	3	0.57	A	B	C		
<b>T4</b>	8.67	3	0.57		B	C	D	
<b>T3</b>	8.67	3	0.57		B	C	D	
<b>T6</b>	8.00	3	0.57			C	D	E
<b>T5</b>	7.33	3	0.57				D	E
<b>T8</b>	6.33	3	0.57				D	E
<b>T7</b>	6.00	3	0.57				D	E
<b>T9</b>	5.67	3	0.57					E

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

En la Figura 8, se observa en el gráfico el número de hojas/planta, por efecto de la aplicación de las soluciones: SNQ y biol como (SN), en donde se distingue que la dosis de 5 ml/L de SNQ obtuvo el mayor número de hojas/planta con 12.33 hojas, frente a los de más tratamientos; siendo, la dosis de 400 ml/12L de biol de cuy la que obtuvo un mejor desarrollo en número de hojas/planta con 11.33; seguido de la dosis de 300ml/12L de biol de cuy que muestra un número de hojas/planta de 10.33; continuado con la dosis de 400ml/12L de biol de ovino con un número de hojas/planta de 8.67; seguido por la dosis de 200 ml/12L de biol de cuy con un número de hojas/planta de 8.67; la dosis de 200 ml/12L de biol de ovino con un número de hojas/planta de 8.00; la dosis de 300 ml/12L de biol de ovino con un número de hojas/planta de 7.33; la dosis de 300 ml/12L de biol de vacuno con un número de hojas/planta de 6.33; la dosis de 400 ml/12L de biol de vacuno con un número de hojas/planta de 6.00; y por último la dosis de 200 ml/12L de biol de vacuno con un número de hojas/planta de 5.67.



**Figura 8.** Número de hojas/planta, por efecto de vióles de cuy, ovino y vacuno.

La comparación de promedios de los tratamientos respecto al número de hojas/planta de las lechugas, en el trabajo de investigación, muestra que el tratamiento T0 (testigo), cuentan con mayor número de hojas/planta con dosis a 5 ml/L de SNQ con 12.3;



en comparación a los de más tratamientos con biol como (SN), sin embargo Calderon (2013), obtuvo el mayor número de hojas en la variedad de lechuga Green Salad Bowl, en dosis de biol con 300cc/L de agua, con 17 hojas/planta a los 60 días. Por otro lado Milton (2018), también obtuvo un promedio en número de hojas/planta en la Var. Green Salad, con dosis de “Biol” 2L/20 litros de agua, con un promedio de 14.7 hojas ;Más sin embargo, el T1 con el biol de cuy a 400 ml/12L dio un mejor resultado de 11.33, razón por la cual al aplicar el biol de cuy en el cultivo de lechuga en un sistema hidropónico, la planta tiene un mayor aporte de nutrientes incrementando visiblemente el número de hojas/planta, ya que el biol de cuy según el análisis químico, contiene mayor cantidad de nutrientes como Nitrógeno (2.02%), seguido del biol de ovino (1.93%) y biol de vacuno (1.45%), y un contenido de Fosforo de (9.80%), seguido por el biol de ovino (8.70%) y el biol de vacuno (8.10%), y Potasio al (3.10%), seguido del biol de ovino (2.40%) y del biol de vacuno (1.90%). En este sentido, Cando y Malca (2015) indican que la fertilización con vióles producidos con altos estándares de calidad aportan a las plantas no solo nutrientes esenciales; sino también fitohormonas que generan mejor desarrollo y por consiguiente mayor rendimiento e ingresos económicos.

#### **4.1.2 Altura de la planta (cm/planta)**

En la Tabla 12, se muestra el análisis de varianza de la altura de la planta (cm/planta), medido desde el día del trasplante hasta la cosecha, por cada tratamiento experimental, donde presentaron diferencias significativas ( $p < 0.0001$ ) entre si respecto al testigo, lo que implica que la SNQ, es superior a los demás tratamientos con biol de cuy (estiércol de cuy adicionado con leche fresca, alfalfa, resto de pescado, azúcar y ceniza), biol de ovino (estiércol de ovino adicionado con leche fresca, alfalfa, resto de pescado, azúcar y ceniza), y biol de vacuno (estiércol de vacuno adicionado con leche fresca, alfalfa, resto de pescado, azúcar y ceniza), donde se obtuvo un coeficiente de variabilidad

(C.V.) de 9.93 %. Esto indica que, el error experimental fue controlado satisfactoriamente, lo que indica que existe confianza en los resultados.

**Tabla 12.** Análisis de la Varianza de la altura de la planta (cm/planta), por efecto de viales de cuy, ovino y vacuno. Puno-2022.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo</b>	1396.22	9	155.14	75.90	<0.0001
<b>Tratamiento</b>	1396.22	9	155.14	75.90	<0.0001
<b>Error</b>	40.88	20	2.04		
<b>Total</b>	1437.10	29			

CV = 9.93%

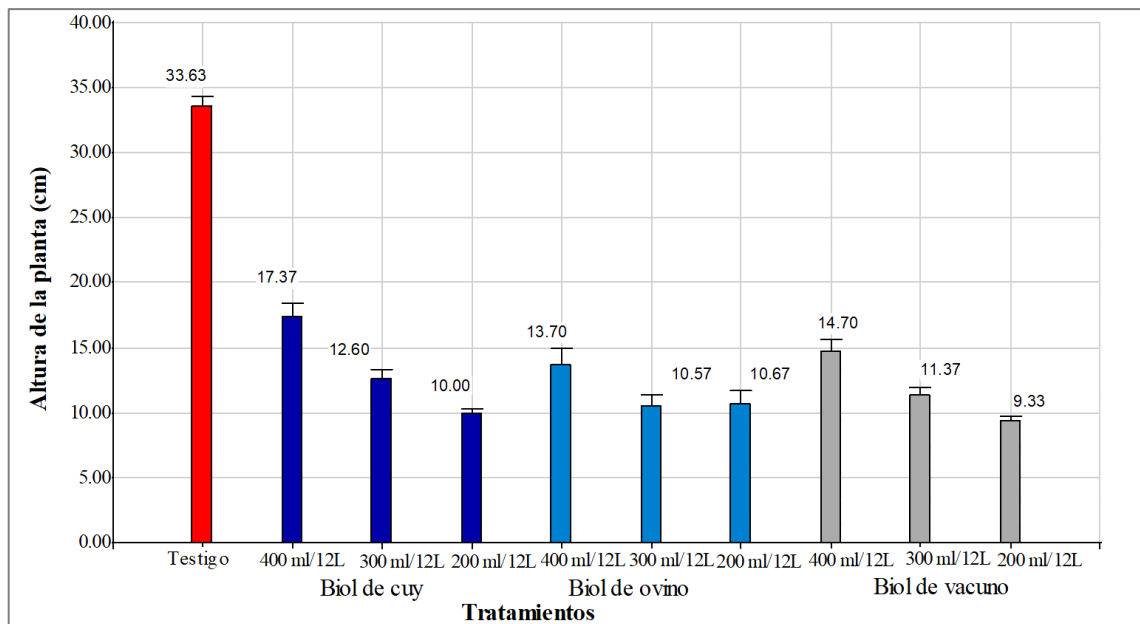
En la tabla 13, se muestra la prueba de comparación de Tukey ( $P \leq 0.05$ ), para la altura de planta (cm/planta), siendo el tratamiento testigo (T0) con dosis de SNQ a 5ml/L es estadísticamente superior, con 33,63 cm altura de la planta, en comparación con los demás tratamientos con biol como (SN), el (T1) con dosis de 400 ml/12L de biol de cuy la que obtuvo un mejor desarrollo de 17.37 cm siendo esta la que presento mejor respuesta entre los tratamientos; seguido en segundo lugar, el (T7) de 400 ml/12L de biol de vacuno con 14.70 cm; en tercer lugar el (T4) de 400 ml/12L de biol de ovino con 13.70 cm; el cuarto lugar el (T2) de 300 ml/12L de biol de cuy con 12.60 cm; el quinto lugar el (T8) de 300 ml/12L de biol de vacuno con 11.37 cm; el sexto lugar el (T6) de 200 ml/12L de biol de ovino con 10.67 cm; el séptimo lugar el (T5) de 300 ml/12L de biol de ovino con 10.57 cm; el octavo lugar el (T3) de 200 ml/12L de biol de cuy con 10.00 cm y la que tuvo la menor respuesta al biol, en noveno lugar el (T9) de 200 ml/12L de biol de vacuno con 9.33 cm de altura de la planta.

**Tabla 13.** Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para la altura de la planta (cm/planta), por efecto de violes de cuy, ovino y vacuno. Puno-2022.

Tratamiento	Media	n	E.E.				
T0	33.63	3	0.83	A			
T1	17.37	3	0.83		B		
T7	14.70	3	0.83		B	C	
T4	13.70	3	0.83		B	C	D
T2	12.60	3	0.83			C	D E
T8	11.37	3	0.83			C	D E
T6	10.67	3	0.83			C	D E
T5	10.57	3	0.83			C	D E
T3	10.00	3	0.83				D E
T9	9.33	3	0.83				E

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

En la Figura 9, se observa en el gráfico la altura de la planta (cm/planta), por efecto de la aplicación de la SNQ y biol como (SN), en donde se distingue que la dosis de 5 ml/L de SNQ, obtuvo un mayor altura de 33.63 cm, frente a los de más tratamientos; siendo, la dosis de 400 ml/12L de biol de cuy la que obtuvo un mejor desarrollo de altura de la planta con 17.37 cm; seguido de la dosis de 400 ml/12L de biol de vacuno que muestra una altura de 14.70 cm; continuado con la dosis de 400 ml/12L de biol de ovino con una altura de 13.70 cm; la dosis de 300 ml/12L de biol de cuy muestra una altura de 12.60 cm; la dosis de 300 ml/12L de biol de vacuno muestra una altura de 11.37 cm; la dosis de 200 ml/12L de biol de ovino muestra una altura de 10.67 cm; la dosis de 300 ml/12L de biol de ovino muestra una altura de 10.57 cm; la dosis de 200 ml/12L de biol de cuy muestra una altura de 10.00 cm; y por último la dosis de 200 ml/12L de biol de vacuno muestra una altura de 9.33 cm promedio.



**Figura 9.** Altura de la planta, por efecto de vióles de cuy, ovino y vacuno.

La comparación de promedios de los tratamientos respecto a la altura de la planta de la lechuga, en el trabajo de investigación, muestra que el T0 (testigo), cuentan con mayor altura de la planta con dosis de 5 ml/L de SNQ con 33.63 cm. Esto es indicado por Palma (2019), donde obtuvo mayores promedios en los parámetros biométricos evaluados al momento de la cosecha para los tratamientos, en sistema NFT con dosis de “La Molina” + Biol (S.N.2), donde el T1 cv. “Parris Island Cos” logra un mayor promedio en la altura de la planta con 32.83cm. Sin embargo Medina (2020), obtuvo un promedio de longitud foliar de 27.11 cm con bioabono biol al 20%, obtenidos a los 60 días en un sistema hidropónico, debido a la alta concentración de N,P y K del biol y Milton (2018) también obtuvo un promedio en la altura de planta con dosis de “Biol” 2L/20 litros de agua en sistema NFT con un promedio de 22.40 cm en la altura de la planta. Además Calderon (2013), agrega que obtuvo un promedio de altura de plantas en la var. Green Salad Bowl, a los 60 días de 17.73 cm, con biol con una dosis de 300 cc/ L de agua. En cambio en el T1 adicionado con biol de cuy a 400 ml/12L dio un mejor resultado con 17.37 cm, razón por la cual al aplicar el biol de cuy en el cultivo de lechuga en un sistema hidropónico, la

planta tiene un mayor aporte de nutrientes incrementando visiblemente la altura de la planta, más sin embargo, no existiendo diferencia significativa entre los tratamientos de los tres tipos de biol aplicados en el procedimiento experimental, resaltando entre ellos el tratamiento con biol de cuy, por lo cual Cando y Malca (2015), definieron que la fertilización con vióles producidos con altos estándares de calidad aportan a las plantas no solo nutrientes esenciales; sino también fitohormonas que generan mejor desarrollo de la planta.

#### 4.1.3 Longitud de la raíz (cm/planta)

En la Tabla 14, se muestra el análisis de varianza de la longitud de la raíz, medido desde el día del trasplante hasta la cosecha, por cada tratamiento experimental, donde no presentaron diferencias significativas ( $p > 0.0678$ ) entre los tratamientos por lo tanto no será necesario realizar la comparación de medias con la prueba de Tukey.

Se cuenta con una significancia de 0.05 % y el coeficiente de variabilidad (C.V.) es de 13.50%, que valida que los resultados son confiables.

**Tabla 14.** Análisis de la Varianza de la longitud de la raíz (cm/planta), por efecto de biol de cuy, ovino y vacuno. Puno-2022.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
<b>Modelo</b>	196.50	9	21.83	2.20	0.0678
<b>Tratamiento</b>	196.50	9	21.83	2.20	0.0678
<b>Error</b>	198.17	20	9.91		
<b>Total</b>	394.67	29			

CV = 13.50%

Referente a la longitud de raíz (cm/planta), no existe diferencia significativa entre los tratamientos. Existen diferentes posibles razones por las que se ha obtenido un valor negativo en cuanto al crecimiento radicular de la lechuga, Catata (2015) citado por Palma (2019), reporta que las alteraciones en la temperatura ambiental y la alta humedad

relativa, detienen el crecimiento radicular y producen alteraciones en el desarrollo normal de las raíces, Milton (2018) también menciona lo importante que es la oxigenación para facilitar el intercambio gaseoso, promoviendo el desarrollo de las raíces y el crecimiento de la planta donde también menciona la T° óptima para cultivo hidropónico se encuentra entre los 18 a 23 °C durante el día y de 7 a 15 °C durante la noche. Mientras tanto en el invernadero la temperatura ambiental y la humedad relativa en promedio alcanzaron: Temperatura media 22.81°; máxima de 37.92°C; mínima de 7.69°C y la humedad media es de 48.33 %; máximo de 69.81 % y mínima de 26.85% de humedad.

#### 4.1.4 Peso fresco de las hojas (kg/planta)

En la tabla 15, se muestra el análisis de varianza del peso fresco de las hojas (kg/planta), de la cosecha por cada tratamiento experimental, donde presentaron diferencias significativas ( $p < 0.0001$ ) entre sí, respecto al testigo lo que implica que la SNQ, es estadísticamente superior a los demás tratamientos con (SN) de biol de cuy (estiércol de cuy adicionado con leche fresca, alfalfa, resto de pescado, azúcar y ceniza), biol de ovino (estiércol de ovino adicionado con leche fresca, alfalfa, resto de pescado, azúcar y ceniza), y biol de vacuno (estiércol de vacuno adicionado con leche fresca, alfalfa, resto de pescado, azúcar y ceniza), donde se obtuvo un coeficiente de variabilidad (C.V.) de 13.18 %.

**Tabla 15.** Análisis de la Varianza del peso fresco de la hoja (Kg/planta), por efecto de violes de cuy, ovino y vacuno. Puno-2022.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo</b>	24988.70	9	2776.52	337.23	<0.0001
<b>Tratamiento</b>	24988.70	9	2776.52	337.23	<0.0001
<b>Error</b>	164.67	20	8.23		
<b>Total</b>	25153.37	29			

CV = 13.18



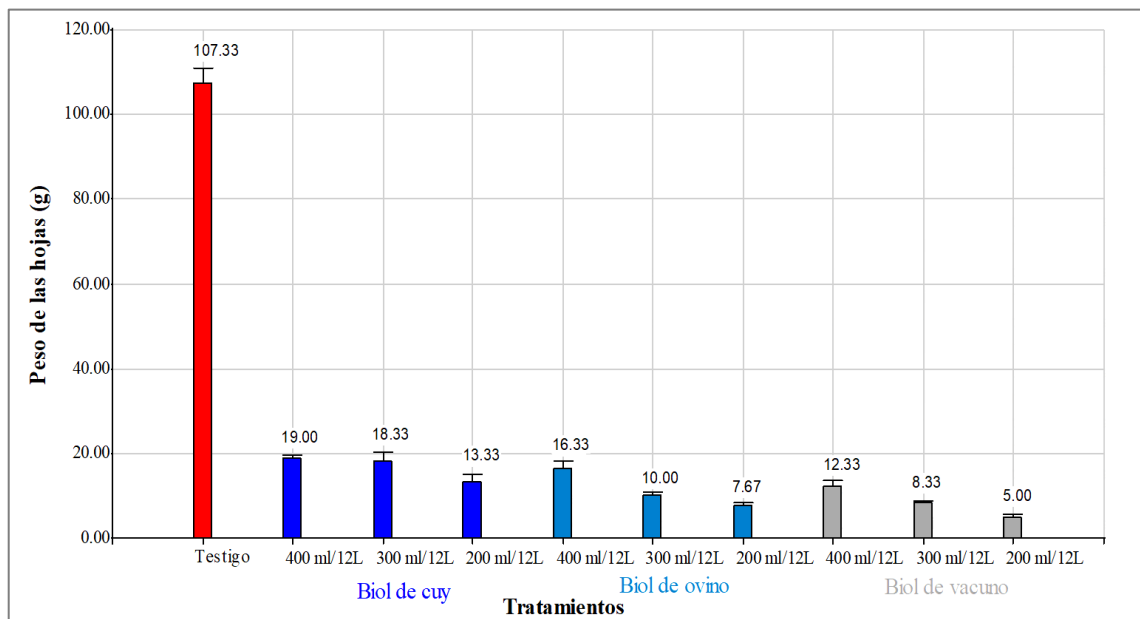
En la tabla 16, se muestra la prueba de comparación de Tukey ( $P \leq 0.05$ ), para el peso fresco de las hojas, siendo el T0 (testigo) con SNQ con dosis de 5ml/L es estadísticamente superior, con 107.33g, respecto a los demás tratamientos con biol como (SN) donde el (T1) con dosis de 400 ml/12L de biol de cuy muestra una mejor respuesta con 19.00g, siendo este la que presenta mayor respuesta al biol como (SN); luego en segundo lugar el (T2) de 300 ml/12L de biol de cuy con 18.33g; seguido en tercer lugar el (T4) de 400 ml/12L de biol de ovino con 16.33g; el cuarto lugar el (T3) de 200 ml/12L de biol de cuy con 13.33g; el quinto lugar el (T7) de 400 ml/12L de biol de vacuno con 12.33g; el sexto lugar el (T5) de 300 ml/12L de biol de ovino con 10.00g; el séptimo lugar el (T8) de 300 ml/12L de biol de vacuno con 8.33g; el octavo lugar el (T6) de 200 ml/12L de biol de ovino con 7.67g; por último se tiene en noveno lugar el (T9) de 200 ml/12L de biol de vacuno con 5.00g de peso fresco de la hoja, mostrando que el biol de cuy la que obtuvo una mejor respuesta en el procedimiento experimental en el grupo de tratamientos con biol como (SN).

**Tabla 16.** Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el peso fresco de las hojas (kg/planta), por efecto de viles de cuy, ovino y vacuno. Puno-2022.

Tratamiento	Medias	n	E.E.					
T0	107.33	3	1.66	A				
T1	19.00	3	1.66		B			
T2	18.33	3	1.66		B			
T4	16.33	3	1.66		B	C		
T3	13.33	3	1.66		B	C	D	
T7	12.33	3	1.66		B	C	D	E
T5	10.00	3	1.66			C	D	E
T8	8.33	3	1.66			C	D	E
T6	7.67	3	1.66				D	E
T9	5.00	3	1.66					E

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

En la Figura 10, se observa en el gráfico del peso fresco de la hoja, por efecto de la aplicación de SNQ y biol como (SN), en donde se distingue que el T0 (testigo) con dosis de 5 ml/L de SNQ obtuvo un mayor peso fresco de las hojas con 107.33g, frente a los de más tratamientos; siendo, la dosis de 400 ml/12L de biol de cuy la que obtuvo un mejor peso de las hojas con 19.00g; seguido de la dosis de 300 ml/12L de biol de cuy que muestra un peso de la hoja con 18.33g; continuado con la dosis de 400 ml/12L de biol de ovino con un peso de la hoja de 16.33g; la dosis de 200 ml/12L de biol de cuy muestra un peso de la hoja de 13.33g; la dosis de 400 ml/12L de biol de vacuno muestra un peso de la hoja de 12.33g; la dosis de 300ml/12L de biol de ovino muestra un peso de la hoja de 10.00g; la dosis de 300 ml/12L de biol de vacuno muestra un peso de hojas de 8.33g; la dosis de 200 ml/12L de biol de ovino muestra un peso de la hoja de 7.67g y por último la dosis de 200 ml/12L de biol de vacuno muestra un peso de hoja de 5.00g.



**Figura 10.** Peso fresco de las hojas, por efecto de vióles de cuy, ovino y vacuno.

La comparación de promedios de los tratamientos respecto al peso fresco de la hoja de la lechuga, en el trabajo de investigación, muestra que el T0 (testigo), cuenta con un incremento mayor de peso con dosis a 5 ml/L de SNQ con 107.33g. Mientras que



Cando y Malca (2015) obtuvieron el mejor rendimiento en peso en el T1 con dosis de biol de 500cc/16L de agua con un promedio de 143.8g/planta; sin embargo Calderon (2013) indica que obtuvo un promedio en el peso de repollo de la lechuga en el T7 de la var. Red Salad Bowl con una dosis de biol 300 cc/L, con un peso de 36.33g, donde obtuvieron mayores promedios en los parámetros biométricos evaluados al momento de la cosecha, en comparación a los tratamientos con biol como (SN), esto se puede deber a la variación de pH, CE y T° ya que al momento de registrar los parámetros fisicoquímicos se pudo observar que en la SNQ (T0) obtuvo un pH de 6.95 respecto a los demás tratamientos con biol como SN registraron lo siguiente: (T1) 7.19; (T2) 7.23; (T3) 7.25; (T4) 7.30; (T5) 7.35; (T6) 7.39; (T7) 7.38; (T8) 7.38; y (T9) 7.40. CE en el (T0) es de 5.76  $\mu\text{s/cm}$ , respecto a los demás tratamientos (T1) 3.25  $\mu\text{s/cm}$ ; (T2) 3.99  $\mu\text{s/cm}$ ; (T3) 2.73  $\mu\text{s/cm}$ ; (T4) 3.33  $\mu\text{s/cm}$ ; (T5) 3.04  $\mu\text{s/cm}$ ; (T6) 2.66  $\mu\text{s/cm}$ ; (T7) 3.42  $\mu\text{s/cm}$ ; (T8) 3.15  $\mu\text{s/cm}$ ; y (T9) 2.84  $\mu\text{s/cm}$ . Y un ligero incremento de T° de (T0) 14.03 °C, respecto a los de más tratamientos (T1) 13.84°C; (T2) 13.38°C; (T3) 13.64°C; (T4) 13.91°C; (T5) 13.64°C; (T6) 13.80°C; (T7) 13.77°C; (T8) 13.78°C; y (T9) 13.78 °C. Por otro lado Beltrano y Gimenez (2015), indican que el aumento de la T° incrementa la absorción de iones K y fosfatos, sin embargo, los vegetales que están sumergidos en agua deben desarrollarse en condiciones de T° adecuadas ya que un incremento excesivo afectaría al metabolismo celular, llegando incluso a la muerte de los mismos, y el pH tiene un efecto directo sobre la absorción iónica, siendo  $\text{pH} \geq 7.5$  producen disminución en la absorción de  $\text{NO}_3^-$ , independientemente de la concentración de éstos, ejerciendo un efecto similar sobre el ión fosfato, disminución de pH restringen la absorción de  $\text{NH}_4^+$  y aumenta la de  $\text{NO}_3^-$ , los incrementos de pH en la SN producen la precipitación de iones, como el Fe quien ve interrumpida su normal absorción. Dando a deducir que el pH debe ser controlada durante la producción en sistema hidropónico. El T1 adicionado con biol de cuy a 400 ml/12L dio

un mejor resultado con 19.00 g, razón por la cual al aplicar el biol de cuy en el cultivo de lechuga en un sistema hidropónico, la planta tiene un mayor aporte de nutrientes incrementando visiblemente el peso de la planta, a razón de utilizar un biol orgánico.

#### 4.1.5 Peso fresco de la raíz (kg/planta)

En la Tabla 17, se muestra el análisis de varianza del peso fresco de la raíz (kg/planta), de la cosecha por cada tratamiento experimental, donde presentaron diferencias significativas ( $p < 0.0001$ ) entre si respecto al testigo, lo que implica que la SNQ, es superior a los demás tratamientos con biol de cuy (estiércol de cuy adicionado con leche fresca, alfalfa, resto de pescado, azúcar y ceniza), biol de ovino (estiércol de ovino adicionado con leche fresca, alfalfa, resto de pescado, azúcar y ceniza), y biol de vacuno (estiércol de vacuno adicionado con leche fresca, alfalfa, resto de pescado, azúcar y ceniza), donde se obtuvo un coeficiente de variabilidad (C.V.) es de 18.28 %.

**Tabla 17.** Análisis de la Varianza del peso fresco de la raíz (Kg/planta), por efecto de biol de cuy, ovino y vacuno. Puno-2022.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo</b>	1158.03	9	128.67	29.47	<0.0001
<b>Tratamiento</b>	1158.03	9	128.67	29.47	<0.0001
<b>Error</b>	87.33	20	4.37		
<b>Total</b>	1245.37	29			

CV = 18.28%

Tabla 18, Se muestra la prueba de comparación de Tukey ( $P \leq 0.05$ ), para el peso fresco de la raíz. Siendo el T0 (testigo) con SNQ con dosis a 5ml/L es estadísticamente superior, con 25.67g, a los demás tratamientos con biol como (SN) donde el (T2) con 300 ml/12L de biol de cuy presento un peso fresco de la raíz de 17.67g; siendo este la que presento mayor respuesta, luego en segundo lugar el (T3) de 200 ml/12L de biol de cuy con un peso de la raíz de 16.00g; seguido en tercer lugar el (T1) de 400 ml/12L de biol

de cuy con 11.33g; el cuarto lugar el (T4) de 400 ml/12L de biol de ovino con un peso de la raíz de 10.00g; el quinto lugar el (T5) de 300 ml/12L de biol de ovino con un peso de la raíz de 8.67g; el sexto lugar el (T8) de 300 ml/12L de biol de vacuno con un peso de la raíz de 7.67g; el séptimo lugar el (T7) de 400 ml/12L de biol de vacuno con un peso de la raíz de 7.33g; el octavo lugar el (T6) de 200 ml/12L de biol de ovino con peso de la raíz de 5.33g y la que tuvo la menor respuesta al biol como SN en noveno lugar el (T9) de 200 ml/12L de biol de vacuno con un peso de la raíz de 4.67g, mostrando que la SNQ es la que tiene un mayor incremento de peso de la raíz frente a los demás tratamientos.

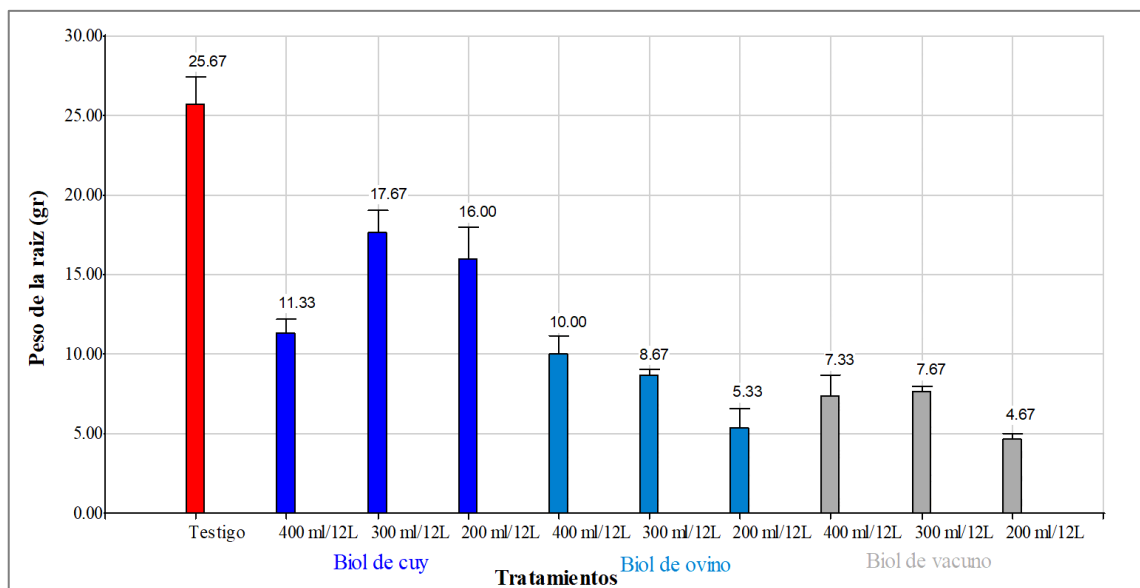
**Tabla 18.** Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el peso fresco de la raíz (Kg/planta), por efecto de violes de cuy, ovino y vacuno. Puno-2022.

Tratamiento	Medias	n	E.E.				
T0	25.67	3	1.21	A			
T2	17.67	3	1.21		B		
T3	16.00	3	1.21		B	C	
T1	11.33	3	1.21			C	D
T4	10.00	3	1.21			C	D E
T5	8.67	3	1.21				D E
T8	7.67	3	1.21				D E
T7	7.33	3	1.21				D E
T6	5.33	3	1.21				D E
T9	4.67	3	1.21				E

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

En la Figura 11, se observa en el gráfico el peso fresco de la raíz, por efecto de la aplicación de la SNQ y biol como (SN), en donde se distingue que la dosis de 5 ml/L de la SNQ obtuvo un mayor peso en la raíz con 25.67 g, frente a los de más tratamientos; siendo, la dosis de 300 ml/12L de biol de cuy la que obtuvo un mejor desarrollo, de peso de la raíz con 17.67g; seguido de la dosis de 200 ml/12L de biol de cuy que muestra un peso de la raíz de 16.00 g; continuado con la dosis de 400 ml/12L de biol de cuy con un

peso de la raíz de 11.33g; la dosis de 400 ml/12L de biol de ovino muestra un peso de la raíz de 10.00g; la dosis de 300 ml/12L de biol de ovino muestra un peso de la raíz de 8.67g; la dosis de 300 ml/12L de biol de vacuno muestra un peso de la raíz de 7.67g; la dosis de 400 ml/12L de biol de vacuno muestra un peso de la raíz de 7.33g; la dosis de 200 ml/12L de biol de ovino muestra un peso de la raíz de 5.33g; y por último la dosis de 200 ml/12L de biol de vacuno muestra un peso de raíz de 4.67g.



**Figura 11.** Peso fresco de la raíz, por efecto de violes de cuy, ovino y vacuno.

La comparación de promedios de los tratamientos respecto al peso fresco de la raíz de las lechugas, del trabajo de investigación, muestra que el T0 (testigo), cuentan con un mayor incremento de peso a 5 ml/L de SNQ con 25.67g, en comparación a los de más tratamientos con biol como (SN), más sin embargo, el T2 adicionado el biol de cuy a 300 ml/12L dio un mejor resultado con 17.67g, razón por la cual al aplicar el biol de cuy en el cultivo de lechuga en un sistema hidropónico, la planta tiene un mayor aporte de nutrientes incrementando visiblemente el peso de la raíz. En síntesis, se puede decir que los abonos orgánicos a base de biol de cuy, tienen un mayor aporte nutricional a las plantas en el ciclo vegetativo, es por eso que cuando se aplica, estas se transforman y lo utilizan de inmediato aumentando el crecimiento. Es así como Cando y Malca (2015)



concluyen que la hidroponía es relativamente nueva en términos de medio para producir cultivos saludables, permite un tiempo de cosecha más corto que el cultivo tradicional, obteniendo productos de mejor sabor y calidad, homogeneidad y mayor rendimiento. sin embargo Milton (2018), indica que la utilización de SN orgánicas en cultivos hidropónicos es posible por medio de la elección adecuada de la materia prima con la que se realizará el abono orgánico, ya que permitirá obtener un producto con las características de calidad que requiere el mercado. Resaltando que cada producción va de la mano con la cantidad y calidad de nutrientes utilizados.

Se determinó la utilización de las diferentes dosis de 400 ml/12L, 300 ml/12L y 200 ml/12L, del biol como SN en el cultivo hidropónico SRF. A fin de probar la concentración mínima para su utilización en cultivo de *Lactuca sativa* y incorporar las SN orgánicas en cultivos hidropónicos, es posible por medio de la elección adecuada de la materia prima con la que se realizará el abono orgánico líquido, ya que este permitirá obtener un producto con las características de calidad que requiere el mercado.

#### **4.2 REALIZAR EL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO POR CADA TRATAMIENTO DE LA LECHUGA CULTIVADO EN SISTEMA HIDROPÓNICO RAÍZ FLOTANTE EN CONDICIONES DE INVERNADERO.**

En la Tabla 19, se observa los parámetros importantes del análisis bromatológico de la lechuga hidropónica del T0 (testigo): El porcentaje de agua (humedad), Cenizas, Proteínas, Grasa, Carbohidratos y Energía Kcal, donde se obtiene; Humedad de 81.60%, Materia seca de 18.39%, Proteína de 1.12%, Cenizas de 0.10%, Grasa de 0.18% y una Energía de 74,38 Kcal/100g, de la lechuga en sistema hidropónico con SNQ.

**Tabla 19.** Análisis bromatológico de la lechuga, en base húmeda; T0 (testigo).

<b>Determinación</b>	<b>Resultados</b>
Humedad %	81.60
Materia Seca %	18.39
Proteína (N x 6.25) %	1.12
Fibra %	0.00
Cenizas %	0.10
Grasa %	0.18
ELN %	17.00
Energía (Kcal/100g)	74.38
Impurezas macroscópicas %	0.00

**Fuente:** Laboratorio de aguas y suelos de la UNA-Puno 2022.

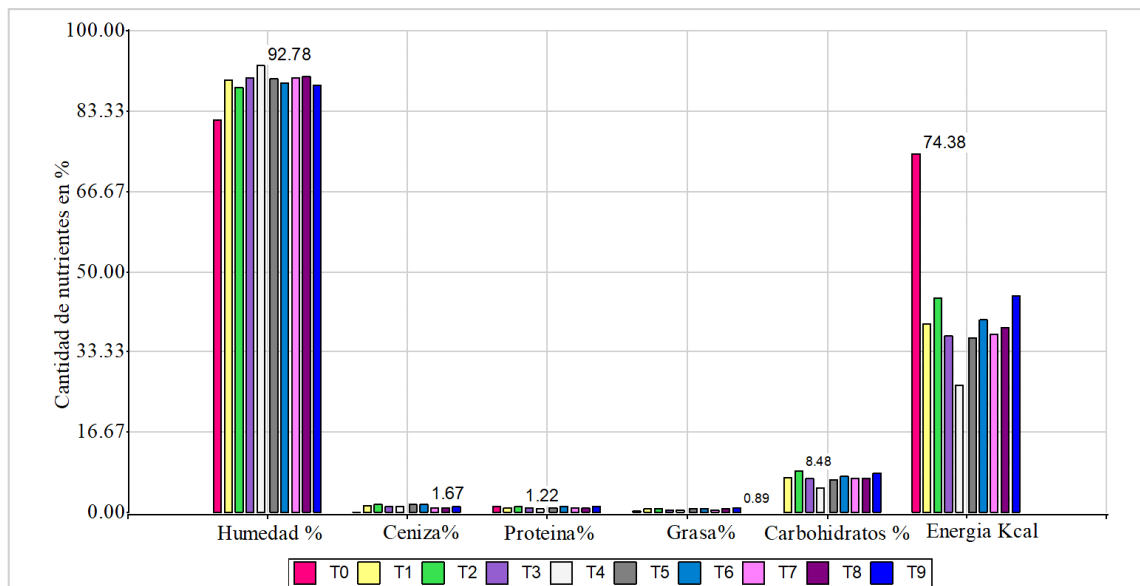
**Tabla 20.** Análisis bromatológico de los tratamientos en estudio del cultivo hidropónico de la lechuga, en base húmeda (materia verde).

<b>MUESTRA</b>	<b>Humeda d</b>	<b>Ceniza</b>	<b>Proteínas</b>	<b>Gras a</b>	<b>Carbohi dratos</b>	<b>Energía</b>
	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(Kcal)</b>
<b>BIOL DE CUY</b>						
Tratamiento - 1	89.77	1.32	0.99	0.68	7.24	39.07
Tratamiento - 2	88.19	1.47	1.22	0.63	8.49	44.48
Tratamiento - 3	90.38	1.17	0.93	0.55	6.96	36.56
<b>BIOL DE OVINO</b>						
Tratamiento - 4	92.78	1.19	0.73	0.44	4.86	26.31
Tratamiento - 5	90.18	1.57	0.95	0.60	6.70	36.02
Tratamiento - 6	89.10	1.67	1.16	0.62	7.44	40.02
<b>BIOL DE VACUNO</b>						
Tratamiento - 7	90.40	0.99	0.98	0.54	7.09	37.12
Tratamiento - 8	90.41	0.87	0.96	0.71	7.06	38.44
Tratamiento - 9	88.68	1.18	1.15	0.89	8.10	45.04

**Fuente:** Laboratorio de aguas y suelos de la UNA-Puno 2022.



En la Tabla 20, se observa la concentración de los parámetros importantes: porcentaje de agua (Humedad), Cenizas, Proteínas, Grasa, Carbohidratos y Energía Kcal. Donde el T4 con biol de ovino contiene la más alta humedad de 92.78%; el T6 de biol de ovino contiene el más alto porcentaje de ceniza de 1.67%; el T2 con biol de cuy contiene el más alto porcentaje de proteína de 1.22%; el T9 con biol de vacuno contiene el más alto porcentaje de grasa de 0.89%; el T2 con biol de cuy contiene el más alto porcentaje de carbohidrato de 8.49% y el T9 con biol de vacuno contiene el más alto porcentaje de energía Kcal de 45.04.



**Figura 12.** Contenido de nutrientes de la lechuga hidropónica en base húmeda.

En la Figura 12, se puede observar la gráfica del contenido de nutrientes de la lechuga por cada tratamiento, donde no muestra diferencia significativa en composición química de nutrientes, esto también fue corroborado por Cando y Malca (2015), donde investigaron la efectividad del abono orgánico biol, aplicado al cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L), en un sistema hidropónico, con tres dosis diferentes de biol 500cc, 1000cc y 1500cc y una dosis de solución nutritiva química de 224cc en 16L de agua; donde realizaron el análisis en composición química de nutrientes en tejido vegetal, los resultados obtenidos no presentaron mayor diferencia entre tratamientos; el T1 con dosis



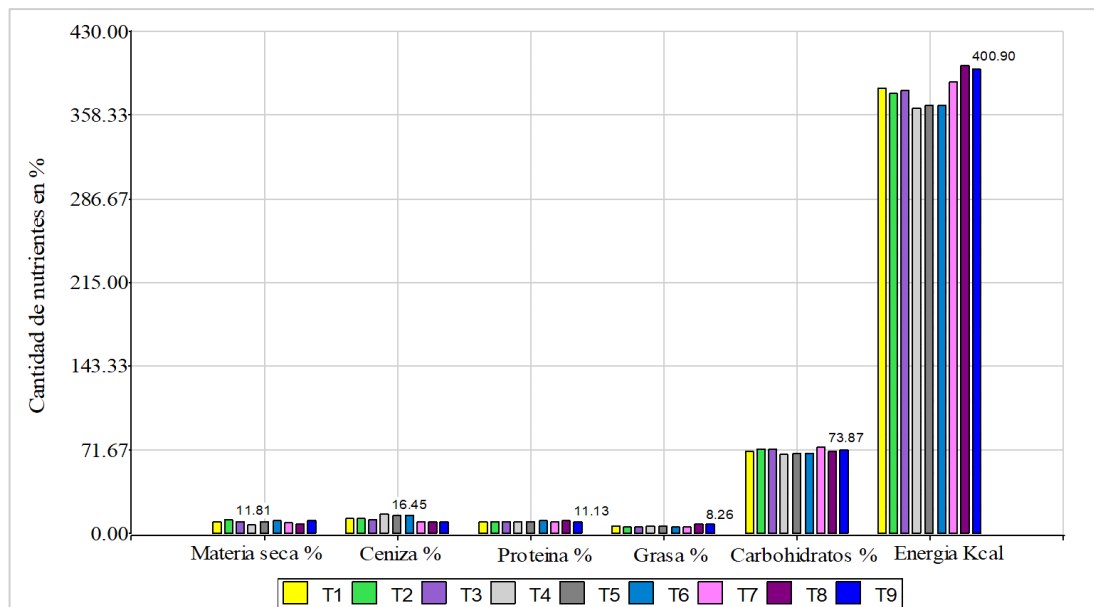
de biol de 500cc/16L, en elementos primarios NPK, expone lo siguiente: nitrógeno 29 gr/L, fosforo 2 gr/L y potasio 32 gr/L y como elementos secundarios: sodio 3.2 gr/L, calcio 5.9 gr/L, magnesio 9.4 gr/L, hierro 360 mg/L, manganeso 250 mg/L, zinc 10 mg/L, cobre 10 mg/L y azufre 1346.5 ppm, fue similar en todas las concentraciones de biol, esto indica que en cuanto a nutrientes en el producto final de la lechuga no habrá mayor influencia de la cantidad de biol aplicado durante el desarrollo de la planta.

Además, se realizó el análisis bromatológico en materia seca cuyos resultados se denominan para el conocimiento, donde se observa en la Tabla 21 y en la Figura 13, la concentración del porcentaje de materia seca, cenizas, proteínas, grasa, carbohidratos y energía Kcal. Donde el T2 con biol de cuy contiene 11.81% de materia seca; T4 con biol de ovino contiene 16.45% de ceniza; T8 con biol de vacuno contiene 11.13% de proteína; T8 con biol de vacuno contiene 8.26% de grasa; el T7 con biol de vacuno contiene 73.87% de carbohidratos y el T8 con biol de vacuno muestra 400.09 de energía Kcal.

**Tabla 21.** Análisis bromatológico de los tratamientos del cultivo hidropónico de la lechuga, en base seca (materia seca).

MUESTRA	Materia seca (%)	Ceniza (%)	Proteínas (%)	Grasa (%)	Carbohidr atos (%)	Energía Kcal
<b>BIOL DE CUY</b>						
Tratamiento - 1	10.23	12.87	9.68	6.68	70.77	381.92
Tratamiento - 2	11.81	12.47	10.35	5.30	71.88	376.62
Tratamiento - 3	9.62	12.19	9.68	5.75	72.38	379.99
<b>BIOL DE OVINO</b>						
Tratamiento - 4	7.22	16.45	10.16	6.03	67.36	364.35
Tratamiento - 5	9.82	15.96	9.68	6.13	68.23	366.81
Tratamiento - 6	10.90	15.34	10.65	5.71	68.30	367.19
<b>BIOL DE VACUNO</b>						
Tratamiento - 7	9.60	10.35	10.16	5.62	73.87	386.70
Tratamiento - 8	8.59	10.10	11.13	8.26	70.51	400.90
Tratamiento - 9	11.32	10.41	10.16	7.90	71.53	397.86

**Fuente:** Laboratorio de aguas y suelos de la UNA-Puno 2022.



**Figura 13.** Contenido de nutrientes de la lechuga hidropónica en base seca.



En la figura 13, se puede observar el grafico de los tratamientos adicionados con diferentes violes a diferentes concentraciones, que muestran una composición química de nutrientes, corroborando que en la investigación de Cando y Malca (2015), ya definieron que el manejo del cultivo hidropónico de manera orgánica permitió que la *Lactuca sativa*, presenta una buena composición química de nutrientes. Esto nos permite definir que el uso de nutrientes orgánicos es más recomendable en cultivo de *Lactuca sativa* en sistema hidropónico, además siendo este amigable con el medio ambiente.

Con esta investigación se proyecta a la implementación de cultivo de la lechuga en sistema hidropónico para incrementar la producción, Palma (2019), indica que, resultarían rentables a partir del primer año aun concluyéndose los gastos de instalación y mantenimiento, ya que la lechuga hidropónica se produce intensivamente obteniendo varias cosechas escalonadas y semanales a diferencia de como si se le cultivara en cultivo tradicional donde se realiza una sola cosecha por campaña agrícola. Por ello este proyecto es una alternativa de mejorar en la productividad para la región. Además, que Pachón (2020), indica que, en su presentación de calidad, precio y volumen que exige el mercado es aceptable, siendo esto una idea innovadora que asegura una producción constante en espacios pequeños, sin el uso del suelo, optimizando recursos y garantizando ingresos económicos



## V. CONCLUSIONES

- a) De la evaluación de las características fenotípicas de la lechuga se encontraron los siguientes resultados en: T1 se obtuvo un promedio de 11.33 hojas/planta; altura de la planta 17.37cm/planta; peso fresco de las hojas 19.00 g/planta y en el T2 en peso fresco de la raíz 17.67g/planta. En cambio, en el T0 alcanzó un promedio de: 12.33 hojas/planta; altura de la planta 33.63cm/planta; peso fresco de las hojas 107.33g/planta; y un peso fresco de la raíz de 25.67g/planta.
- b) Los resultados del análisis bromatológico muestran lo siguiente: el T4 contiene la más alta humedad de 92.78%, seguido por el T6 con mayor porcentaje de ceniza 1.67%, el T2 con mayor porcentaje de proteína 1.22%, el T9 con mayor porcentaje de grasa 0.89%, el T2 con mayor porcentaje de carbohidrato 8.49% y el T9 obtuvo 45.04 de energía Kcal. En cambio, el T0 contiene una humedad de 81.60%, proteína 1.12%, ceniza 0.10%, grasa 0.18% y energía 74,38 Kcal/100g.



## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar investigaciones con mayor dosis de biol de cuy como (solución nutritiva) para confirmar si la mayor concentración afecta o favorece el crecimiento de la lechuga hidropónica.
- Se recomienda realizar investigaciones en los cultivos hidropónicos con otras variedades de hortalizas y aprovechar las diferentes fuentes de abonos orgánicos líquidos de la zona en beneficio de la agricultura y obtener productos de calidad.
- Se recomienda experimentar con soluciones nutritivas orgánicas probando diferentes dosis en las principales variedades comerciales de lechuga para desarrollar específicamente una dosificación de estas soluciones para fundamentar una nueva alternativa ecológica para la producción de lechuga.



## VII. REFERENCIAS

- Alvarez, F. (2010). Preparacion y uso del biol. 1era edicion, Cusco- Peru. 30p.  
[www.solucionespracticass.org](http://www.solucionespracticass.org)
- Arana, S. (2011). Manual de elaboración del biol. 1era edicion, Cusco- Peru. 40p.  
<http://es.slideshare.net/frederys1712/manual-de-elaboracin-del-biol>
- Asto, A. N. (2018). Determinacion del valor cultural de cuarto cultivares de semilla de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo las condiciones del valle Santa Catalina. Universidad Privada Antenor orrego. Trujillo- Peru. 92p.  
[http://www.gonzalezcabeza.com/documentos/Crecimiento\\_Microbiano.pdf](http://www.gonzalezcabeza.com/documentos/Crecimiento_Microbiano.pdf)
- Barreros, E. I. (2017). Efecto de la relacion carbono/nitrogeno en el tiempo de descomposicion del abono de cuy (*Cavia porcellus*), enriquecido. Universidad Tecnica de Ambato. Ceballos -Ecuador. 79p.  
[https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/5913/1/Tesis\\_Lcda.\\_Jeaneth\\_Barrera\\_Cueva.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/5913/1/Tesis_Lcda._Jeaneth_Barrera_Cueva.pdf)
- Barrios, N. E. (2004). Evaluacion del cultivo de la lechuga, *Lactuca sativa* L. bajo condiciones hidroponicas en Pachali, San Juan Sacatepequez, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 64p.
- Beltrano, J., & Gimenez, D. O. (2015). Cultivo en hidroponía. 1era edicion .Editorial de la Universidad Nacional de La Plata Facultad de ciencias y forestales, Buenos Aires - Argentina. 181p. <https://doi.org/10.35537/10915/46752>
- Benites, C. A. (2014). Efecto del guano de ovino y la fertilizacion NPK en el rendimiento de *Solanum tuberosum* L. Var. huevo indio en caypanda , Santiago de Chuco- La Libertad. Universidad Nacional de Trujillo.Santiago de chuco -Peru. 82p.



- Borrero, C. A. (2001). Abonos organicos.Guaviare-Colombia. 26p.
- Cajamarca, D. (2012). Procedimientos para la elaboración de abonos orgánicos. Universidad de Cuenca. Ecuador.118p.
- Cajo, A. M. (2016). Produccion hidroponica de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.), bajo el sistema NFT, con tres soluciones nutritivas. Universidad Tecnica de Ambato. Ceballos- Ecuador.102p.  
<http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23421/1/Tesis-136> Ingeniería Agronómica -CD 413.pdf
- Calderon, J. B. (2013). Comportamiento agronomico de dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa* L.), sembradas mediante sistema hidroponico utilizando tres dosis de biol en el canton Antonio Ante, provincia de Imbabura. Universidad Tecnica de Bebahoyo El Angel- Carchis- Ecuador. 85p.
- Calsin, M. (2019). Efecto de abonos organicos foliares en las caracteristicas agronomicas de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) en condiciones de invernadero. Universidad Nacional del Altiplano- Puno.102p.
- Calsina, M. (2015). Evaluacion de dosis de caldo de humus de lombriz en dos sistemas hidroponicos para la produccion de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en ambiente protegido. Universidad Mayor de San Andres. La Paz- Bolivia. 104p.
- Cando, S., & Malca, L. (2015). Influencia de un abono organico liquido tipo biol en el rendimiento de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivada en sistemas hidroponicos. Rev. de investigacion cientifica. Manglar 12 (2): 31-38.
- Cardena, N. (2012). Efecto de tres tipos de biol y dos densidades de siembra en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Great Lakes) en condiciones del centro





agronomico K'ayra. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Peru.  
186p.

<http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/UNSAAC/2874/253T20171097.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Castro, Y. (2016). Efecto de cinco fuentes organicas sobre el desarrollo vegetativo y rendimiento del cultivo de melon (*Cucumis melo* L.) en la irrigacion de la Yarada. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann- Tacna. Peru. 117p.

Catata, L. I. (2015). Comparativo de variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) y soluciones nutritivas en cultivo hidroponico, en sistemas "NFT" tipo piramidal, bajo condiciones de invernadero en Arequipa. Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa. Peru. 119p.

CEDECO. (2005). Preparacion y uso de Abonos organicos solidos y liquidos: Vol. I. San Jose-Costa Rica. 66p.

Espinoza, L. (2018). Evaluacion del riesgo subsuperficial en dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo tres sustratos en el centro experimental de Cota Cota. Universidad Mayor de San Andres. La Paz- Bolivia.104p.

Garro, J. E. (2016). El suelo y los abonos orgánicos. Instituto Nacional de Innovacion y Transferencia. Costa Rica. 113p. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F04-10872.pdf>

Gilsanz, J. C. (2007). Hidroponia. Instituto Nacional de Investigacion Agropecuaria. Montevideo- Uruguay. 32p.

Gomez, A. M. (2018). Solucion nutritiva de biol a base de estiercol de cuy (*Cavia porcellus* L.) ovino (*Ovis aries*) y vacuno (*Bos taurus*) en la produccion de forraje



- verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en Puno. Universidad Nacional del Altiplano. 87p.
- Guerrero, A. M., & Otiniano, L. J. (2012). Impacto En Agroecosistemas Generado Por Pesticidas En Los Sectores Vichanza, El Moro, Santa Lucía De Moche Y Mochica Alta, Valle De Santa Catalina, La Libertad, Perú. Rev. SCIENDO 15(2): 1-14.
- Gutierrez, J. (2011). Producción hidropónica de lechuga con y sin recirculación de solución nutritiva. Universidad Autónoma Chapingo. 77p.
- Iglesias, L. (2005). El estiércol y las prácticas agrícolas respetuosas con el ambiente. Madrid, 24p.  
[https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1994\\_01.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1994_01.pdf)
- INIA. (2008). Producción y uso del biol. 1era edición. Lima-Perú. 12p.
- Jaramillo, J., Aguilar, P. A., Tamayo, P. J., Arquello, E. O., & Guzmán, M. (2016). Modelo tecnológico para el cultivo de lechuga bajo buenas prácticas agrícolas en el Oriente Antioqueño. Medellín- Colombia. 147p.
- La Rosa, O. J. (2015). Cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa*) Bajo Condiciones del Valle del Rímac, Lima. Universidad Agraria la Molina. 56p.  
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/948/T007353.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lopez, B. C. (2016). Diagnóstico de la producción de lechuga hidropónica (*Lactuca sativa* L.) en el valle Santa Catalina Trujillo- La Libertad. Universidad Nacional de Trujillo. 98 p.
- Medina, E. A. (2014). “Efecto de la aplicación foliar de tres concentraciones de biol sobre el rendimiento de dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) White Boston y



- Waldmans Green, bajo el sistema hidropónico NFT en Arequipa.” 2013. Universidad Catolica de Santa Maria. 123p.
- Medina, K. M. E. (2020). Influencia de las concentraciones del Bioabono “Biol” en el cultivo hidropónico de *Lactuca sativa* Var.Longifolia. Trujillo-Peru. Universidad Nacional de Trujillo. 37p.  
[http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/14465/Aguilar Ramos Cesar Hilton.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/14465/Aguilar_Ramos_Cesar_Hilton.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Mendoza, A. M. (2017). Cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) hidropónica en sistema recirculante “NFT” tipo Piramidal con tres niveles de Aireación. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 137p.
- Mendoza, K. (2018). Preparación, uso y manejo de abonos orgánicos. Estación Experimental Agraria Canaan. Ayacucho -Peru. 16p.  
[http://ciaorganico.net/documypublic/502\\_pub\\_p682\\_pub.pdf](http://ciaorganico.net/documypublic/502_pub_p682_pub.pdf)
- Milton, R. V. (2018). Respuesta de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a cuatro soluciones nutritivas, bajo condiciones hidropónicas en invernadero.Universidad Nacional del Ecuador.76p.
- Molina, G. S. (2001). Historia De La Hidroponia Y De La Nutricion Vegetal. Bogota.- Colombia. 87p.
- Ojeda, L. A. (2017). Evaluación del Biofertilizante foliar a base de frutas (*ferti fruit*) en la asimilación de nutrientes en la lechuga (*Lactuca Sativa* L.).Universidad Técnica de Ambato.80p.
- Pacco, J. C. (2018). Producción de forraje verde hidropónico de cebada y avena con adición de fitohormonas en Cabana - Puno.Universidad Nacional del Altiplano.



122p.

Pacheco, R. E. (2017). Efecto de diferentes colores de coberturas plasticas en el desarrollo de lechuga hidroponica (*Lactuca sativa*) var “Waldmanns Green” bajo el sistema de raiz flotante. Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa. 108p.

Pachón, Johana Marcela. (2020). Producción y comercialización de lechuga hidropónica (*Lactuca sativa* L.), como una alternativa económica para pequeños productores de Viotá, Cundinamarca. Universidad de la Salle. 85p.  
[https://ciencia.lasalle.edu.co/ingenieria\\_agronomica/175](https://ciencia.lasalle.edu.co/ingenieria_agronomica/175)

Palma, R. (2019). Comparativo del rendimiento de tres cultivares de lechuga (*Lactuca sativa* L.) empleando solución nutritiva y biol bajo sistema hidropónico NFT en el fundo “La banda” Huasacache, Arequipa 2017. Universidad Católica de Santa María. 165p.  
<https://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/6136/71.0585.IS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Peralta, L., Juscamaita, J., & Meza, V. (2016). Obtención Y Caracterización De Abono Orgánico Líquido a Través Del Tratamiento De Excretas Del Ganado Vacuno De Un Establo Lechero Usando Un Consorcio Microbiano Ácido Láctico. Rev. Ecol. apl. Vol. 15 No 1, pp 1-10. DOI:<https://doi.org/10.21704/rea.v15i1.577>

Pereda, Y. R. (2015). Evaluación del rendimiento de tres cultivares de *Lactuca sativa* L. en sistema hidropónico a raíz flotante en Santiago de Chuco, La Libertad. Universidad Nacional de Trujillo. 51p.

Pérez, A. Y. (2018). Efecto del uso de mallas raschel de colores en plantas de *Lactuca sativa* L. Var. Waldmann's green bajo Sistema Hidropónico de Raíz Flotante. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 121p.



<https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3262720#.YN5Bym2pv4Y.mendeley>

Pomboza, P., León, O. A., Villacís, L. A., Vega, J., & Aldáz, J. C. (2016). Influencia del biol en el rendimiento del cultivo de *Lactuca sativa* L. variedad Iceberg. Rev. Selva Andina Biosphere. 2016; 4(2): 84–92.  
<https://doi.org/10.36610/j.jsab.2016.040200084>

Quintero, J. japon. (2009). La Lechuga. Ministerio de Agricultura. Madrid- España . 20p.  
[http://ideasana.fundacioneroski.es/web/es/13/escuela\\_5/escuela5\\_lechuga.pdf](http://ideasana.fundacioneroski.es/web/es/13/escuela_5/escuela5_lechuga.pdf)

Quispe, L. (2015). Evaluacion de seis variedades de lechuga, (*Lactuca sativa* L.) cultivadas con el sistema hidropónico recirculante NFT en el centro experimental de Cota cota. Universidad Mayor de San Carlos.120p. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0447.1980.tb10427.x>

Ramírez, G. A. (2017). Sistema de producción hidropónica de lechuga (*Lactuca sativa* L). Universidad Nacional Agraria La Molina. 64p.

Saavedra, G. (2017). Manual de producción de lechuga. INDAP- INIA. Santiago-Chile.150p. <https://doi.org/10.1055/s-2007-997160>

Salinas, C. D. (2013). Introducción de cinco variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en el barrio de Snta Fé de la parroquia Atahualpa en el cantón Ambato. Universidad Técnica de Ambato.74p.

Sampieri, H. R. (2014). Metodología de la investigación. Sexta Edición.México-634p.

Soto, F. (2015). Hidroponía familiar en sustrato : Hágalo fácil Sembrando hortalizas, cosechando salud. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 60p.  
<http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10809.pdf>



- Tito, A. (2016). Evaluacion de la produccion de forraje verde hidropónico de maiz (*Zea mays* L.), con cuatro tipos de abonos bajo ambiente atemperado en la Provincia Murillo del Departamento de la Paz. Universidad Mayor de San Andres. 167p.
- Toalombo, M. C. (2013). Aplicación de abonos orgánicos líquidos tipo biol al cultivo de mora (*Rubus glaucus* Benth). Universidad Técnica de Ambato. 92p.
- Torres, L., & Arocutipa, L. (2020). Crecimiento aeropónico de plantulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) con solución nutritiva hidropónica “La Molina” en condiciones de invernadero. Universidad Nacional del Altiplano. 155p.
- Velásquez, S. (2019). Densidad de siembra en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) CV. Angelina bajo condiciones de la Molina. Universidad Nacional Agraria La Molina. 76p.
- <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/4232/velasquez-medina-silvana.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Zarate, M. A. (2014). Manual de hidroponia. 1era edicion. Editor Instituto de Biologia. Mexico .42p.
- [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232367/Manual\\_de\\_hidroponia.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232367/Manual_de_hidroponia.pdf).



# ANEXOS

**ANEXO A: Tablas**

**Tabla 22.** Datos de registro de temperatura (°C) y la humedad (%) del invernadero.

MES	DIA	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura media (°C)	Humedad máxima (%)	Humedad mínima (%)	Humedad media (%)
Octubre	19/10/2020	35.3	11.2	23.2	74.7	36.0	55.3
	20/10/2020	40.4	11.1	25.8	75.7	38.0	56.8
	21/10/2020	22.4	12.1	17.3	75.7	40.3	58.0
	22/10/2020	23.6	12.9	18.3	58.3	39.7	49.0
	23/10/2020	35.2	10.2	22.7	66.0	31.7	48.8
	24/10/2020	36.6	9.9	23.3	78.0	27.0	52.5
	25/10/2020	37.1	9.9	23.5	86.3	27.0	56.7
	26/10/2020	38.7	9.5	24.1	68.0	21.0	44.5
	27/10/2020	40.6	12.0	26.3	43.0	20.0	31.5
	28/10/2020	41.8	12.4	27.1	34.7	20.0	27.3
	29/10/2020	41.5	10.3	25.9	86.7	20.0	53.3
	30/10/2020	41.5	12.2	26.8	60.0	20.3	40.2
	31/10/2020	38.0	12.8	25.4	46.3	20.0	33.2
Noviembre	01/11/2020	40.8	10.2	25.5	79.3	20.3	49.8
	02/11/2020	39.1	12.1	25.6	68.7	21.3	45.0
	03/11/2020	28.4	12.4	20.4	50.7	28.7	39.7
	04/11/2020	29.9	12.9	21.4	50.3	26.3	38.3
	05/11/2020	31.8	11.6	21.7	43.7	24.3	34.0
	06/11/2020	38.7	12.2	25.5	49.7	25.0	37.3
	07/11/2020	33.2	13.0	23.1	46.3	23.3	34.8
	08/11/2020	32.5	12.6	22.6	48.3	25.3	36.8
	09/11/2020	37.5	11.7	24.6	49.7	21.0	35.3
	10/11/2020	37.6	11.7	24.7	50.7	21.0	35.8
	11/11/2020	30.6	11.5	21.1	45.3	21.3	33.3
	12/11/2020	38.9	11.7	25.3	62.0	21.0	41.5
	13/11/2020	41.7	3.5	22.6	59.7	20.3	40.0
	14/11/2020	40.7	9.0	24.9	45.0	20.3	32.7
	15/11/2020	39.5	12.8	26.1	44.7	22.3	33.5
	16/11/2020	34.0	12.7	23.4	44.3	22.0	33.2
	17/11/2020	41.5	12.3	26.9	49.3	20.7	35.0
18/11/2020	42.6	12.1	27.4	55.7	22.0	38.8	
19/11/2020	39.1	3.4	21.3	59.3	20.7	40.0	
20/11/2020	40.7	3.3	22.0	60.3	20.0	40.2	





	21/11/2020	42.4	4.6	23.5	70.3	20.0	45.2
	22/11/2020	39.6	4.6	22.1	68.0	21.0	44.5
	23/11/2020	33.8	6.5	20.1	44.0	20.0	32.0
	24/11/2020	39.8	7.6	23.7	83.0	20.0	51.5
	25/11/2020	41.3	8.7	25.0	70.3	19.7	45.0
	26/11/2020	40.6	8.8	24.7	67.3	20.3	43.8
	27/11/2020	38.9	6.5	22.7	48.7	20.0	34.3
	28/11/2020	42.6	4.8	23.7	65.3	23.0	44.2
	29/11/2020	39.1	4.7	21.9	70.0	25.3	47.7
	30/11/2020	36.8	8.8	22.8	69.0	20.7	44.8
Diciembre	01/12/2020	41.2	9.6	25.4	81.0	23.7	52.3
	02/12/2020	38.4	7.6	23.0	81.0	23.7	52.3
	03/12/2020	40.8	6.9	23.8	71.7	24.7	48.2
	04/12/2020	40.4	7.3	23.8	76.0	25.0	50.5
	05/12/2020	36.5	8.7	22.6	67.0	26.3	46.7
	06/12/2020	39.0	8.4	23.7	57.7	23.3	40.5
	07/12/2020	41.9	7.6	24.8	72.7	24.3	48.5
	08/12/2020	40.6	6.9	23.8	57.7	27.7	42.7
	09/12/2020	41.2	6.9	24.1	51.3	26.0	38.7
	10/12/2020	38.8	7.2	23.0	57.7	28.3	43.0
	11/12/2020	39.3	7.0	23.2	51.3	23.3	37.3
	12/12/2020	42.1	6.5	24.3	73.7	20.0	46.8
	13/12/2020	38.5	6.8	22.7	51.0	22.0	36.5
	14/12/2020	41.3	7.0	24.1	58.3	24.3	41.3
	15/12/2020	39.3	6.5	22.9	48.0	20.0	34.0
	16/12/2020	40.0	6.5	23.3	76.3	20.0	48.2
	17/12/2020	37.0	6.6	21.8	42.0	20.0	31.0
	18/12/2020	42.0	6.7	24.4	60.7	26.7	43.7
	19/12/2020	41.6	7.3	24.5	69.0	21.7	45.3
	20/12/2020	39.9	6.6	23.3	42.0	20.0	31.0
	21/12/2020	38.4	7.4	22.9	81.7	24.0	52.8
	22/12/2020	38.3	7.6	23.0	76.0	23.3	49.7
	23/12/2020	41.5	7.9	24.7	72.3	31.0	51.7
	24/12/2020	39.7	9.9	24.8	76.0	20.0	48.0
	25/12/2020	49.8	9.9	29.8	85.3	23.0	54.2
	26/12/2020	39.5	9.7	24.6	87.0	20.0	53.5
	27/12/2020	37.2	8.5	22.9	58.0	20.7	39.3
	28/12/2020	21.2	9.4	15.3	84.0	25.0	54.5
	29/12/2020	34.8	8.7	21.8	87.0	38.3	62.7



	30/12/2020	42.5	8.6	25.5	85.0	29.0	57.0
	31/12/2020	28.6	9.1	18.8	71.3	37.3	54.3
Enero	01/01/2021	39.9	6.2	23.1	87.0	39.7	63.3
	02/01/2021	37.2	9.0	23.1	86.3	35.7	61.0
	03/01/2021	38.0	7.9	23.0	85.0	39.3	62.2
	04/01/2021	39.2	5.1	22.2	55.0	25.0	40.0
	05/01/2021	37.8	3.2	20.5	87	30.7	58.8
	06/01/2021	35.5	7.1	21.3	80.3	39.0	59.7
	07/01/2021	33.5	6.5	20.0	81.0	38.7	59.8
	08/01/2021	34.7	5.7	20.2	85.3	36.7	61.0
	09/01/2021	38.8	2.7	20.8	53.0	37.7	45.3
	10/01/2021	42.4	4.4	23.4	88.0	25.0	56.5
	11/01/2021	41.5	5.5	23.5	83.7	21.7	52.7
	12/01/2021	36.8	5.1	21.0	82.7	36.3	59.5
	13/01/2021	36.8	5.1	20.9	86.0	26.7	56.3
	14/01/2021	37.1	8.7	22.9	69.0	29.7	49.3
	15/01/2021	37.9	8.8	23.4	72.3	29.0	50.7
	16/01/2021	41.4	8.6	25.0	81.7	29.7	55.7
	17/01/2021	39.8	8.2	24.0	81.3	23.7	52.5
	18/01/2021	38.3	6.5	22.4	83.7	39.3	61.5
	19/01/2021	32.8	6.4	19.6	78.0	27.0	52.5
	20/01/2021	38.1	4.3	21.2	77.3	37.7	57.5
	21/01/2021	37.5	8.3	22.9	59.0	29.0	44.0
	22/01/2021	35.7	8.6	22.2	80.0	29.0	54.5
	23/01/2021	32.9	7.1	20.0	75.3	29.0	52.2
	24/01/2021	34.8	6.0	20.4	83.0	32.3	57.7
	25/01/2021	37.7	7.4	22.6	64.0	29.3	46.7
	26/01/2021	37.7	6.4	22.1	86.3	21.7	54.0
	27/01/2021	38.7	3.0	20.9	85.7	21.0	53.3
	28/01/2021	41.6	4.3	23.0	83.0	32.7	57.8
	29/01/2021	39.8	2.6	21.2	79.0	26.0	52.5
	30/01/2021	40.5	3.2	21.9	80.0	22.0	51.0
	31/01/2021	42.3	6.4	24.3	83.3	24.0	53.7
Febrero	01/02/2021	39.6	6.3	23.0	50.0	22.3	36.2
	02/02/2021	39.4	6.1	22.8	77.7	22.0	49.8
	03/02/2021	38.5	6.1	22.3	67.0	23.0	45.0
	04/02/2021	32.6	7.1	19.9	79.3	31.3	55.3
	05/02/2021	38.2	7.2	22.7	87.0	30.3	58.7
	06/02/2021	39.3	7.6	23.5	86.0	31.3	58.7



	07/02/2021	41.9	6.4	24.1	83.3	39.3	61.3
	08/02/2021	41.6	6.5	24.0	84.0	41.3	62.7
	09/02/2021	40.9	5.7	23.3	80.0	23.0	51.5
	10/02/2021	39.0	4.7	21.8	59.3	24.0	41.7
	11/02/2021	36.2	5.2	20.7	80.0	25.0	52.5
	12/02/2021	37.5	6.8	22.2	76.7	24.0	50.3
	13/02/2021	42.5	6.4	24.4	81.7	25.3	53.5
	14/02/2021	42.2	6.5	24.4	81.3	31.0	56.2
	15/02/2021	34.8	6.0	20.4	80.0	25.7	52.8
	16/02/2021	33.8	3.1	18.5	81.0	26.7	53.8
	17/02/2021	33.9	3.3	18.6	70.7	25.7	48.2
	18/02/2021	35.2	7.1	21.1	72.3	28.7	50.5
	19/02/2021	36.6	7.3	21.9	72.3	26	49.2
	20/02/2021	36.7	7.7	22.2	66.0	25.0	45.5
	21/02/2021	36.7	7.9	22.3	76.3	25.7	51.0
	22/02/2021	37.3	6.7	22.0	78.3	35.3	56.8
	23/02/2021	30.9	8.0	19.5	80.0	39.7	59.8
	24/02/2021	36.1	6.3	21.2	79.0	29.3	54.2
	25/02/2021	38.7	5.6	22.1	57.0	24.7	40.8
	26/02/2021	39.5	5.9	22.7	74.7	25.3	50.0
	27/02/2021	40.1	6.4	23.2	77.7	26.7	52.2
	28/02/2021	39.0	6.5	22.8	80.7	24.7	52.7
Marzo	01/03/2021	35.9	8.3	22.1	75.7	33.3	54.5
	02/03/2021	39.5	8.5	24.0	84.7	32.3	58.5
	03/03/2021	39.7	7.4	23.6	82.3	27.7	55.0
	04/03/2021	35.5	6.7	21.1	67.0	35.3	51.2
	05/03/2021	38.9	6.7	22.8	72.7	38.0	55.3
	06/03/2021	34.6	7.0	20.8	64.7	31.3	48.0
	07/03/2021	35.1	5.8	20.5	77.0	31.7	54.3
	08/03/2021	37.3	4.7	21.0	72.7	38.0	55.3
	09/03/2021	34.4	4.8	19.6	72.3	37.0	54.7
	<b>PROMEDIO</b>	37.91549296	7.680985915	22.8077465	69.807042	26.844366	48.325352

**Tabla 23.** Datos de pH de las soluciones nutritivas con biol de cuy, ovino y vacuno, evaluados desde el día el trasplante hasta la cosecha.

SEMANA	TESTIGO	BLOQUE I			BLOQUE II			BLOQUE III		
	T-0	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	T-7	T-8	T-9
1	7.1	7.4	7.3	7.5	7.6	7.7	7.6	7.6	7.6	7.5
	7.4	7.3	7.3	7.4	7.4	7.6	7.5	7.5	7.6	7.5
2	7.6	7.5	7.6	7.5	7.6	7.5	7.6	7.5	7.5	7.6
	6.6	7.3	7.2	7.3	7.1	7.2	7.5	7.5	7.5	7.4
3	7.4	7.3	7.6	7.5	7.6	7.6	7.5	7.5	7.4	7.5
	7.5	7.3	7.4	7.5	7.5	7.6	7.6	7.5	7.6	7.5
4	7.4	7.6	7.6	7.5	7.3	7.4	7.6	7.5	7.6	7.6
	7.2	7.6	7.5	7.5	7.4	7.4	7.5	7.6	7.5	7.5
5	6.9	7.4	7.3	7.4	7.4	7.4	7.5	7.5	7.6	7.3
	6.5	7.2	7.5	7.1	7.2	7.3	7.3	7.2	7.3	7.4
6	6.6	7.1	7.2	7.3	7.4	7.4	7.4	7.5	7.5	7.6
	6.4	7.3	7.3	7.4	7.3	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4
7	6.3	7.3	7.4	7.2	7.3	7.3	7.2	7.3	7.2	7.3
	6.4	7.4	7.4	7.5	7.5	7.6	7.5	7.6	7.5	7.6
8	<b>6.95</b>	7.2	7.3	7.3	7.4	7.3	7.4	7.5	7.4	7.4
		7.2	7.3	7.3	7.3	7.4	7.5	7.5	7.4	7.5
9		7.1	7.1	7.2	7.2	7.3	7.4	7.3	7.4	7.5
		6.9	6.9	7.0	7.0	7.0	7.1	7.0	7.1	7.1
10		7.3	7.1	7.1	7.1	7.0	7.1	7.0	7.0	7.0
		6.4	6.2	6.3	7.0	7.1	7.2	7.1	7.1	7.1
11		6.3	6.6	6.6	7.0	6.9	7.0	7.0	7.0	7.0
		6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.2	7.2	7.2	7.4
	<b>Promedio</b>	<b>7.19</b>	<b>7.23</b>	<b>7.25</b>	<b>7.30</b>	<b>7.35</b>	<b>7.39</b>	<b>7.38</b>	<b>7.38</b>	<b>7.40</b>

**Tabla 24.** Datos de la CE ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) de las soluciones nutritivas con biol de cuy, ovino y vacuno, evaluados desde el día el trasplante hasta la cosecha.

SEMANA	TESTIGO	BLOQUE I			BLOQUE II			BLOQUE III		
	T-0	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	T-7	T-8	T-9
1	2.942	1.174	1.306	1.202	1.334	1.334	1.364	1.478	1.422	1.396
	2.804	1.672	1.56	1.48	1.672	1.56	1.64	1.704	1.56	1.672
2	3.938	1.874	1.8	1.768	2.022	1.874	1.8	1.948	1.874	1.764
	4.82	2.244	2.096	2.022	2.32	2.17	2.096	2.244	2.096	2.022
3	5.78	3.29	3.128	2.642	3.29	3.128	2.642	3.29	3.128	2.642
	5.54	2.966	2.642	2.32	2.804	2.48	2.244	2.642	2.48	2.244
4	5.54	4.34	3.776	3.952	3.938	3.452	3.29	4.34	4.1	3.452
	4.58	3.128	2.966	2.244	3.128	2.804	2.17	3.128	2.966	2.48
5	4.34	2.804	2.32	2.096	2.48	2.36	1.948	2.966	2.32	2.17
	8.0	3.938	3.776	3.614	3.776	3.614	3.128	4.1	3.138	3.452
6	9.346	4.34	4.34	3.614	4.34	4.1	3.614	4.34	4.1	3.938
	9.0	5.3	5.06	4.82	5.06	4.82	4.58	5.78	5.06	5.54
7	6.688	4.1	3.776	3.452	4.1	3.938	3.614	4.34	3.938	3.614
	7.34	4.1	3.776	3.128	4.34	3.938	3.614	4.34	4.58	3.614
8	<b>5.761</b>	4.34	4.1	3.938	4.82	4.58	3.128	4.34	4.58	3.938
		4.82	4.34	3.776	4.58	4.58	3.938	5.06	4.34	3.93
9		3.776	3.29	2.48	4.58	3.938	3.938	5.3	5.3	4.1
		3.452	3.29	3.128	4.58	3.29	2.48	3.776	3.29	2.966
10		2.48	2.32	1.8	2.32	2.24	1.704	2.244	1.943	1.672
		3.452	3.128	2.804	2.804	2.022	1.672	2.244	2.244	2.022
11		2.096	2.17	2.022	2.966	2.804	1.8	2.966	2.244	1.874
		1.736	0.894	1.672	2.096	1.874	2.022	2.642	2.642	1.94
	<b>Promedio</b>	<b>3.246</b>	<b>2.993</b>	<b>2.726</b>	<b>3.334</b>	<b>3.041</b>	<b>2.656</b>	<b>3.419</b>	<b>3.152</b>	<b>2.838</b>



**Tabla 25.** Datos de Temperatura °C de las soluciones nutritivas con biol de cuy, ovino y vacuno, evaluados desde el día el trasplante hasta la cosecha.

SEMANA	TESTIGO	BLOQUE I			BLOQUE II			BLOQUE III		
	T-0	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	T-7	T-8	T-9
1	13.4	13.6	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.2
	19.2	20.0	19.2	20.0	20.8	20.0	20.0	20.0	20.0	20.2
2	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8
	12.6	13.4	12.6	12.6	13.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6
3	18.4	18.4	18.4	18.6	18.4	18.4	18.4	19.2	18.4	18.4
	11.4	12.4	11.6	11.6	11.6	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8
4	20.0	23.6	22.6	22.6	23.6	22.6	22.6	23.4	23.4	23.4
	12.6	13.4	12.6	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4
5	9.6	9.2	9.2	9.1	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2
	10.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8
6	10.0	11.8	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4
	20.8	20.8	19.2	20.0	21.0	20.4	21.4	22.6	21.8	22.6
7	13.2	13.2	13.4	13.4	14.2	14.2	14.8	14.2	14.2	14.2
	12.6	14.2	13.2	13.4	14.2	13.2	13.4	14.2	14.2	13.4
8	<b>14.03</b>	14.0	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2
		13.2	12.6	13.6	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4
9		13.4	12.6	12.6	13.4	12.6	13.6	13.4	13.4	13.4
		11.8	10.0	11.8	11.8	11.8	11.8	10.0	10.0	10.0
10		9.2	9.2	9.2	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	9.2
		11.8	11.8	11.8	11.8	10.0	10.0	10.0	11.8	11.8
11		11.6	11.6	11.8	11.8	11.8	12.6	11.8	11.8	11.8
		11.8	10.0	10.0	9.2	10.0	10.0	9.2	9.2	10.0
	<b>Promedio</b>	<b>13.84</b>	<b>13.38</b>	<b>13.64</b>	<b>13.91</b>	<b>13.64</b>	<b>13.80</b>	<b>13.77</b>	<b>13.78</b>	<b>13.78</b>



## ANEXO B: Resultados de laboratorio



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS**



---

**RESULTADO DE ANÁLISIS**

---

**ASUNTO: ANALISIS FISICOQUÍMICO MUESTRA DE AGUA DE POZO**

---

PROCEDENCIA : AV. FLORAL- BARRIO VALLECITO  
 INTERESADO : JESSICA PILCO QUISPE  
 MOTIVO : Para Hidroponía  
 MUESTREO : 02/12/2020(por la interesada)  
 ANÁLISIS : 02/12/2020.

---

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:**

---

Aspecto : Líquido  
 Color : Incoloro  
 Olor : Inodoro  
 Sabor : Insípido

---

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICA:**

pH : 7.04 C.E.: 1.45 mS/cm. Temperatura °C 16.0

---

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:**

---

Dureza total (como CaCO <sub>3</sub> )	:	752.40	mg/L
Alcalinidad (como CaCO <sub>3</sub> )	:	221.38	mg/L
Cloruros (como Cl <sup>-</sup> )	:	241.13	mg/L
Sulfatos (como SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	:	102.00	mg/L
Nitratos (como NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	:	0.02	mg/L
Calcio (como Ca <sup>++</sup> )	:	155.04	mg/L
Magnesio (como Mg <sup>++</sup> )	:	88.00	mg/L
Sólidos Disueltos totales	:	0.72	g/L

---



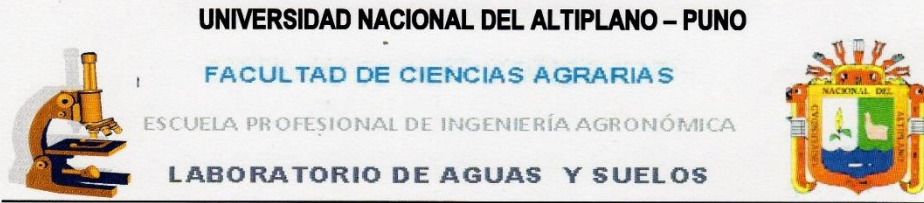
UNA  
PUNO

Firmado digitalmente por CANAZA  
MAMANI Daniel FAU 20145496170  
scif  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 04.01.2021 10:51:23 -05:00



ANALISTA  
ANÁLISIS DE AGUAS  
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS

Figura 14. Resultados del análisis físico-químico del agua.



**RESULTADO DE ANÁLISIS**

**ASUNTO: ANÁLISIS QUÍMICO DE BIOLES DE CUY, OVINO Y VACUNO.**

PROCEDENCIA : INVERNADERO DE LA FACULTAD CIENCIAS BIOLÓGICAS UNA-PUNO.  
 USUARIO : JESSICA PILCO QUISPE  
 MOTIVO : ANALISIS FISICO-QUIMICO  
 FECHA RECEPCION : 01/12/2020 (por la interesada)  
 FECHA DE ANALISIS : 02/12/2020

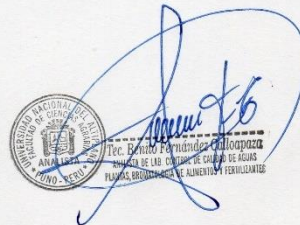
**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:**

**RESULTADOS**

ELEMENTOS ANALIZADOS	M-01	M-02	M-03
	Biol de Vacuno	Biol de Ovino	Biol de Cuy
pH	5.79	5.74	5.28
C.E. mS/cm.(Relación 1:2.5)	15.95	18.67	17.10
Temperatura °C	14.3	14.3	14.4
Fósforo total (% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	8.10	8.70	9.80
Nitrógeno Total (% de N)	1.45	1.93	2.02
Potasio total (% de K <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	1.90	2.40	3.10
Materia Orgánica(% M.O.)	1.10	1.20	1.40



Firmado digitalmente por CANAZA MAMANI Daniel FAU 20145496170 soft  
 Motivo: Soy el autor del documento  
 Fecha: 04.01.2021 10:48:03 -05:00

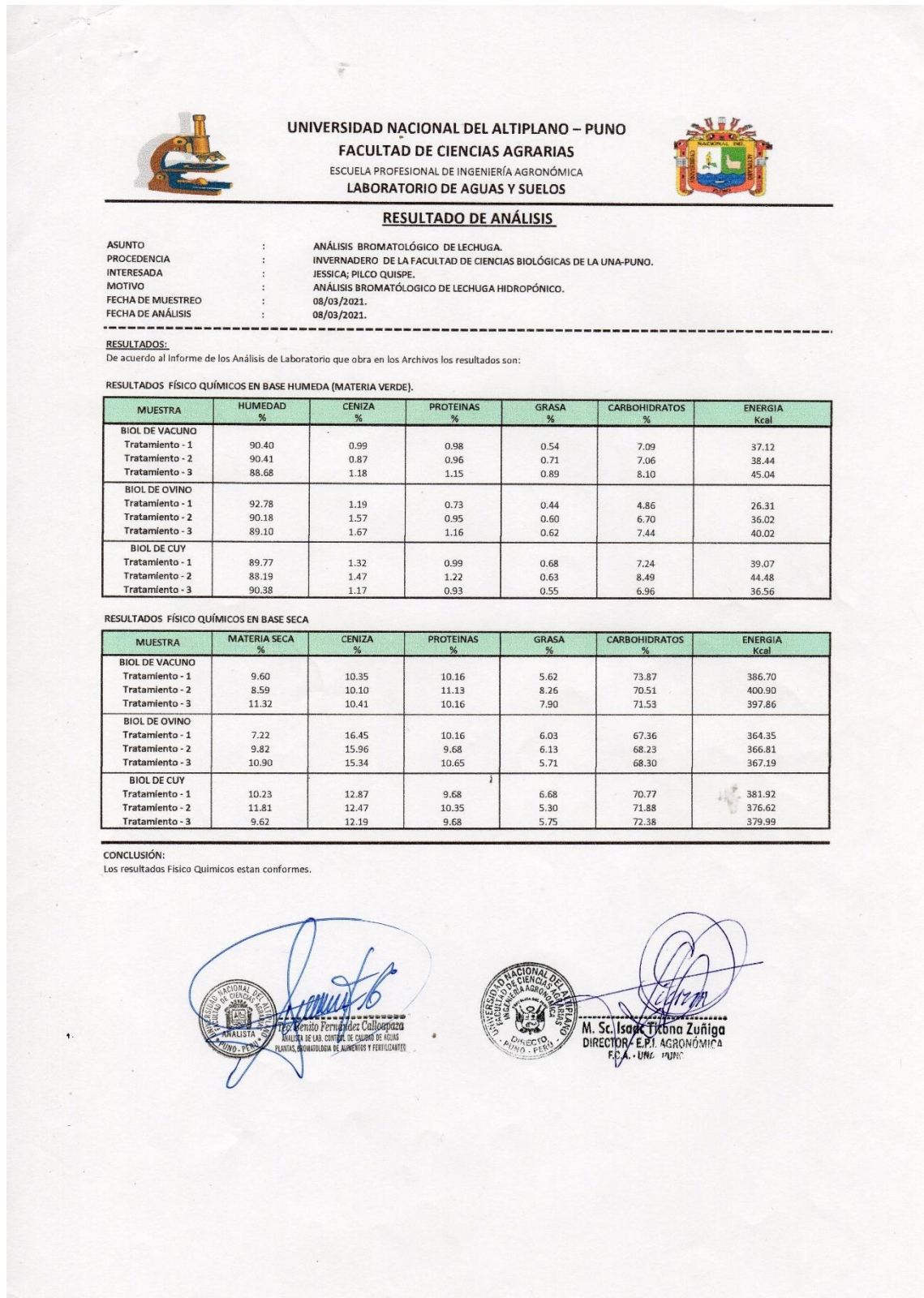


**Figura 15.** Resultados del análisis químico del biol de cuy, ovino y vacuno.





**Figura 16.** Resultados del análisis bromatológico de la lechuga hidropónica (Testigo).



**Figura 17.** Resultados del análisis bromatológico de la lechuga hidropónica.

### ANEXO C: Panel Fotográfico



**Figura 18.** Inicio del proceso de fermentación anaeróbica del biol Puno-2020.



**Figura 19.** Biol cosechado de cuy, ovino y vacuno. Puno- 2020



**Figura 20.** Plántulas de la lechuga. Puno-2020.



**Figura 21.** Instalación y la dosificación de las soluciones nutritivas. Puno-2020.



**Figura 22.** Cultivo hidropónico raíz flotante ya instalado. Puno-2020.



**Figura 23.** Medición de la longitud de la raíz. Puno-2021.



**Figura 24.** Medición de la altura de planta. Puno-2021.



**Figura 25.** Oxigenación de la solución nutritiva. Puno-2021.



**Figura 26.** Monitoreo de la CE, y T ° de la solución nutritiva. Puno-2021.



**Figura 27.** Monitoreo del pH de la solución nutritiva. Puno-2021.



**Figura 28.** Cultivo hidropónico raíz flotante lista para la cosecha. Puno-2021.



**Figura 29.** Día de la cosecha evaluación de la longitud de la raíz. Puno-2021.





**Figura 30.** Día de la cosecha evaluación de la altura de la planta. Puno-2021.



**Figura 31.** Día de la cosecha evaluación del número de hojas/planta. Puno-2021.



**Figura 32.** Día de la cosecha evaluación del peso fresco de las hojas. Puno-2021.



**Figura 33.** Día de la cosecha evaluación del peso fresco de la raíz. Puno-2021.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
Dirección de Responsabilidad Social  
*Oficina de Gestión Ambiental*

# CONSTANCIA DE INVESTIGACION PRE-GRADO

EL JEFE DE LA OFICINA DE GESTIÓN AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO, HACE CONSTAR:

QUE LA Srta. JESSICA PILCO QUISPE, IDENTIFICADO CON DNI N° 73307147, TESISISTA DE LA FACULTAD DE BIOLOGÍA, ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA, PROGRAMA ACADÉMICO DE ECOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO, REALIZÓ INVESTIGACIÓN DE TESIS TITULADO: "CULTIVO DE LA LECHUGA (*Lactuca sativa* L.), BAJO CONDICIONES HIDROPÓNICAS EN PUNO - PERÚ", EN EL INVERNADERO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, OFICINA DE GESTIÓN AMBIENTAL, DESDE OCTUBRE DEL 2020 HASTA MARZO DEL 2021, POR UN PERIODO DE (06) SEIS MESES.

SE EXPIDE EL PRESENTE DOCUMENTO A SOLICITUD DE LA INTERESADA PARA LOS FINES QUE CONSIDERE CONVENIENTE.

PUNO, 05 DE MAYO DEL 2021.

Dr. Cs. Angel Canales Gutiérrez  
JEFE OGGAS UNA-PUNO

E-MAIL: [ogestion@unap.edu.pe](mailto:ogestion@unap.edu.pe)  
Ciudad Universitaria

TELÉFONO: 951592123  
931366979



## Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS 3 JESICCA.docx**

RECuento DE PALABRAS

**22457 Words**

RECuento DE CARACTERES

**112667 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**103 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**14.2MB**

FECHA DE ENTREGA

**May 4, 2022 7:59 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**May 4, 2022 8:09 AM GMT-5**

### ● 19% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 18% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)



Firmado digitalmente por GOYZUETA  
CAMACHO Olimar Gamalei FAU  
22145406170.pdf  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 04.05.2022 08:28:49 -05:00

Resumen



## Reporte de similitud

### ● 19% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 18% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

#### FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	<b>repositorio.unap.edu.pe</b> Internet	6%
2	<b>tesis.unap.edu.pe</b> Internet	2%
3	<b>dspace.unitru.edu.pe</b> Internet	1%
4	<b>biblioteca.usac.edu.gt</b> Internet	<1%
5	<b>tesis.ucsm.edu.pe</b> Internet	<1%
6	<b>hdl.handle.net</b> Internet	<1%
7	<b>dspace.utb.edu.ec</b> Internet	<1%
8	<b>Asociación Educativa Davy on 2020-12-12</b> Submitted works	<1%

Descripción general de fuentes