



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



**PRODUCCIÓN HIDROPÓNICA UTILIZANDO ABONO LÍQUIDO
– BIOL, EN CULTIVOS DE ACELGA, REPOLLO Y LECHUGA EN
CONDICIONES DE INVERNADERO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. MARISOL SHEYLA CHAMBI ALARCON

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PUNO - PERÚ

2022



DEDICATORIA

A Dios por haberme cuidado y por darme fortaleza para seguir adelante en mi formación profesional y superar cada momento difícil que tuve.

A mis padres Feliciano Chambi Zea y Juliana Alarcon Cahuina, por el apoyo incondicional, hacer posible mis logros, gracias por los consejos, por su comprensión, trabajo, por la enseñanza y su amor.

A mis hermanos Ruth Cely, Gladys Evelin, Jhon Alexander y Joseph Jhonson

A mi tía Raimunda por estar ahí para mí, mis hermanos y mis padres.

Marisol Sheyla Chambi Alarcon



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano Puno, a la Facultad de Ciencias Biológicas, Programa académico de Ecología, por la formación profesional.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Biológicas, por las enseñanzas y experiencias impartidas en el tiempo de la formación profesional.

A mi director de Tesis, Dr. Angel Canales Gutiérrez, por el apoyo, enseñanza, asesoramiento en todo el proceso (presentación de proyecto, ejecución e informe final) de mi trabajo de investigación.

A los miembros del jurado: Dr. Nicanor Miguel Bravo Choque, Dra. Martha Elizabeth Aparicio Saavedra y Dr. Alfredo Ludwig Loza del Carpio por las revisiones y contribuciones para culminar el presente trabajo.

A la sub unidad de Gestión Ambiental de la UNA-Puno, por facilitarme los equipos y permitirme ejecutar mi proyecto en el Invernadero de Investigación Formativa Ambiental.

Al Blgo. Cesar Lipa Luque, por el apoyo en la ejecución de mi proyecto de investigación, por las recomendaciones, sugerencias, confianza y paciencia.

A todas las personas que me ayudaron, agradezco por su colaboración, por su tiempo y confianza, que hicieron posible la culminación de mi trabajo de investigación.

¡Muchas gracias...!



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 12

ABSTRACT 13

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVO GENERAL..... 15

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 15

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES..... 16

2.2. MARCO TEÓRICO..... 20

2.2.1.Hortalizas 20

2.2.2.Importancia de las hortalizas 20

2.2.3.Acelga (*Beta vulgaris*) 21

2.2.3.1. Taxonómica 22

2.2.3.2. Descripción botánica 22

2.2.3.3. Composición..... 22

2.2.4. *Brassica oleracea* L. 23

2.2.4.1. Taxonomía 24

2.2.4.2. Descripción botánica 24

2.2.4.3. Composición..... 25



2.2.4.4. Variedades	25
2.2.5. Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.).....	26
2.2.5.1. Taxonomía	27
2.2.5.2. Descripción botánica	27
2.2.5.3. Composición.....	28
2.2.5.4. Variedades	29
2.2.6. Control de malezas, plagas y enfermedades.....	30
2.2.7. Hidroponía.....	30
2.2.7.1. Historia de hidroponía	30
2.2.7.2. Cultivos hidropónicos.....	30
2.2.8. Parámetros del agua	31
2.2.8.1. pH	31
2.2.8.2. Oxígeno disuelto.....	31
2.2.8.3. Conductividad Eléctrica	31
2.2.8.4. Oscuridad.....	32
2.2.8.5. Temperatura.....	32
2.2.9. Abono orgánico	32
2.2.9.1. Estiércol	32
2.2.9.2. Estiércol de cuy	33
2.2.10. Biol.....	33
2.2.11. Preparación de abono líquido-biol.....	33
2.2.12. Importancia de abono líquido-biol.....	34
2.2.13. Almacenamiento de biol	34
2.2.14. Invernadero.....	35

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDIO	36
3.1.1. Características del invernadero	36



3.2. TIPO DE ESTUDIO	37
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	38
3.3.1.Preparación de la solución nutritiva	38
3.3.2.Análisis físico-químico de abono líquido-biol a base de estiércol de cuy	39
3.3.3.Germinación de hortalizas.....	39
3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL	40
3.4.1.Tratamiento y unidades experimentales	41
3.5. METODOLOGÍA POR OBJETIVOS	42
3.5.1.Comparación del crecimiento, número de hojas y biomasa de acelga, lechuga y repollo con tres dosis 800, 600 y 400 ml de biol, condiciones hidropónicas a nivel de invernadero.....	42
3.5.1.1. Variables de estudio	45
3.5.1.2. Análisis estadístico	45
3.5.2.Relación del crecimiento (cm) y el número de hojas de la acelga, lechuga y repollo, en relación a tiempo (días) de desarrollo.....	46
3.5.2.1. Monitoreo de crecimiento de acelga, lechuga y repollo.....	46
3.5.2.2. Mediciones de las hortalizas (acelga, repollo y lechuga)	46
3.5.2.3. Variables de estudio	46
3.5.2.4. Análisis estadístico	46

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. COMPARACIÓN DEL CRECIMIENTO, NÚMERO DE HOJAS Y BIOMASA DE ACELGA, LECHUGA Y REPOLLO CON TRES DOSIS 800, 600 Y 400 ML DE BIOL, CONDICIONES HIDROPÓNICAS A NIVEL DE INVERNADERO.	47
4.1.1.Acelga (<i>Beta vulgaris</i>)	47
4.1.1.1. Altura de la planta (cm/planta)	47



4.1.1.2.	Biomasa por planta	50
4.1.1.3.	Número de hojas/planta	52
4.1.2.	Repollo (<i>Brassica oleracea L.</i>)	54
4.1.2.1.	Altura de la planta (cm/planta)	54
4.1.2.2.	Biomasa por planta	56
4.1.2.3.	Número de hojas	59
4.1.3.	Lechuga (<i>Lactuca sativa L.</i>)	60
4.1.3.1.	Altura de la planta	60
4.1.3.2.	Biomasa por planta	63
4.1.3.3.	Número de hojas	66
4.2.	RELACIÓN DEL CRECIMIENTO (cm) Y EL NÚMERO DE HOJAS DE LA ACELGA, LECHUGA Y REPOLLO, EN RELACIÓN A TIEMPO (DÍAS) DE DESARROLLO.....	69
4.2.1.	Crecimiento de la acelga en relación al tiempo.....	69
4.2.2.	Crecimiento de repollo en relación al tiempo	75
4.2.3.	Crecimiento de lechuga en relación al tiempo	83
4.3.	PARÁMETROS DE SOLUCIÓN NUTRITIVA	91
V.	CONCLUSIONES.....	96
VI.	RECOMENDACIONES	97
VII.	REFERENCIAS	98
ANEXOS	104

ÁREA: Ciencias Biomédicas.

LÍNEA: Conservación y aprovechamiento de recursos naturales.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 21 de diciembre de 2022



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Proceso de preparación de abono líquido-biol; a. incorporación de los insumos; b. biodigestión en biodigestor (Condori <i>et al.</i> , 2017)..	34
Figura 2.	Ubicación del área de estudio (invernadero)	36
Figura 3.	Parámetros ambientales del invernadero durante los meses de evaluación.	37
Figura 4.	Diseño de la instalación de las unidades experimentales.	41
Figura 5.	Promedio y error estándar de crecimiento de la acelga en diferentes tratamientos (T0:Testigo, T1:D1, T2:D2 y T3:D3), n=60.....	48
Figura 6.	Promedio y error estándar del peso fresco de la acelga en diferentes tratamientos (T0:Testigo, T1:D1, T2:D2 y T3:D3) n=60.....	51
Figura 7.	Promedio de número de hojas por planta de la acelga con la aplicación de solución química y abono líquido-biol de diferentes dosis (400, 600 y 800 ml/15 L), n=60.....	53
Figura 8.	Promedio del crecimiento de repollo en diferentes tratamientos y error estándar T0:Testigo, T4:D1, T5:D2 y T6:D3), n=60.....	55
Figura 9.	Promedio de peso fresco del repollo en diferentes tratamientos y error estándar (T0:Testigo, T7:D1, T8:D2 y T9:D3), n=60.....	57
Figura 10.	Promedio y desviación estándar de número de hojas por planta de repollo con la aplicación de solución química y abono líquido-biol de diferentes dosis (400, 600 y 800 ml/15 L), n=60.....	59
Figura 11.	Promedio y error estándar del peso fresco de la lechuga en diferentes tratamientos (T0:Testigo, T:D1, T5:D2 y T6:D3), n=60.....	61
Figura 12.	Promedio y error estándar del peso fresco de la lechuga en diferentes tratamientos y error estándar (T0:Testigo, T7:D1, T8:D2 y T9:D3), n=60.....	64
Figura 13.	Promedio de número de hojas por planta de lechuga con la aplicación de solución química y abono líquido-biol de diferentes dosis y desviación estándar (400, 600 y 800 ml/15 L), n=60.....	67
Figura 14.	Crecimiento de acelga (cm) y número de hojas con la aplicación de solución química a lo largo del tiempo; a. altura de planta; b. Número de hojas; c. Longitud de raíz, n=108.....	70
Figura 15.	Crecimiento de acelga (cm) y número de hojas con la aplicación de 600 ml/15 L de abono líquido-biol a lo largo del tiempo; a. altura de planta; b. Número de hojas; c. Longitud de raíz, n=108.....	72
Figura 16.	Crecimiento de acelga (cm) y número de hojas con la aplicación de 800 ml/15 L de abono líquido-biol a lo largo del tiempo; a. altura de planta; b. Número de hojas; c. Longitud de raíz, n=108.....	74



- Figura 17.** Crecimiento de repollo (cm) y número de hojas con la aplicación de 5 ml/L de solución química a lo largo del tiempo; a. altura de planta; b. Número de hojas; c. Longitud de raíz, n=108..... 76
- Figura 18.** Crecimiento de repollo (cm) y número de hojas con la aplicación de 400 ml/15 L de abono líquido-biol a lo largo del tiempo; a. Longitud de raíz; b. altura de planta; c. Número de hojas, n=108. 78
- Figura 19.** Crecimiento de repollo (cm) y número de hojas con la aplicación de 600 ml/15 L de abono líquido-biol a lo largo del tiempo; a. Longitud de raíz; b. altura de planta; c. Número de hojas, n=108. 80
- Figura 20.** Crecimiento de repollo (cm) y número de hojas con la aplicación de 800 ml/15 L de abono líquido-biol a lo largo del tiempo; a. Longitud de raíz; b. altura de planta; c. Número de hojas, n=108. 82
- Figura 21.** Crecimiento de lechuga (cm) y número de hojas con la aplicación de 5 ml/L solución química a lo largo del tiempo; a. Longitud de raíz; b. altura de planta; c. Número de hojas, n=81. 84
- Figura 22.** Crecimiento de lechuga (cm) y número de hojas con la aplicación de 400 ml/15 L de abono líquido-biol a lo largo del tiempo; a. Longitud de raíz; b. altura de planta; c. Número de hojas, n=81..... 86
- Figura 23.** Crecimiento de lechuga (cm) y número de hojas con la aplicación de 600 ml/15 L de abono líquido-biol a lo largo del tiempo; a. Longitud de raíz; b. altura de planta; c. Número de hojas, n=81..... 88
- Figura 24.** Crecimiento de lechuga (cm) y número de hojas con la aplicación de 800 ml/15 L de abono líquido-biol a lo largo del tiempo; a. Longitud de raíz; b. altura de planta; c. Número de hojas, n=81..... 90
- Figura 25.** Análisis de componentes principales del crecimiento de las tres hortalizas; a. acelga, b. repollo, c. lechuga, n=110..... 94



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Composición general de acelga	23
Tabla 2.	Composición general de repollo	25
Tabla 3.	Composición general de lechuga.	28
Tabla 4.	Análisis físico-químico de abono líquido-biol a base de estiércol de cuy.....	39
Tabla 5.	Tratamientos de acuerdo a las especies y a la dosis de aplicación de abono líquido-biol.....	42
Tabla 6.	Análisis de prueba de contraste de Tukey para las variables de acelga; longitud de raíz y total, altura de la planta.	49
Tabla 7.	Análisis de prueba Tukey para las variables de acelga peso total, peso de raíz y peso de hojas.....	52
Tabla 8.	Comparación la variable número de hojas de la acelga con la aplicación de solución química y abono líquido-biol de diferentes dosis (400, 600 y 800 ml/15 L).....	54
Tabla 9.	Comparación del crecimiento de repollo con la aplicación de solución química y abono líquido-biol de diferentes dosis (400, 600 y 800 ml/15 L).	56
Tabla 10.	Comparación de medias; peso total, raíz, hojas y talluelo del repollo con la aplicación de solución química y abono líquido-biol de diferentes dosis (400, 600 y 800 ml/15 L).....	58
Tabla 11.	Comparación de número de hojas de repollo por efecto de la aplicación de solución química y abono líquido-biol de diferentes dosis (400, 600 y 800 ml/15 L).....	60
Tabla 12.	Análisis de prueba de contraste de Tukey para la variable número de hojas de la lechuga con la aplicación de solución química y abono líquido-biol de diferentes dosis (400, 600 y 800 ml/15 L).	63
Tabla 13.	Comparación de las variables: peso total, raíz, hojas y talluelo de la lechuga por efecto de la aplicación de solución química y abono líquido- biol de diferentes dosis (400, 600 y 800 ml/15 L).	66
Tabla 14.	Comparación de la variable número de hojas de lechuga con la aplicación de solución química y abono líquido- biol de diferentes dosis (400, 600 y 800 ml/15 L).....	68
Tabla 15.	Análisis de contraste de Tukey de los registros de parámetros del agua en los tratamientos, n=110.	92



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

cm: centímetro

CE: Conductividad eléctrica

D.E.: desviación estándar

E.E.: error estándar

HR: Humedad Relativa

HR Max.: humedad relativa máxima

HR Min.: humedad relativa mínima

g: gramos

kg: kilogramo

L: litro

ml: mililitros

Min.: mínimo

OD: oxígeno disuelto

ppm: partes por millón

PSU: Unidades prácticas de salinidad

°C: grados centígrados

%: porcentaje

μS: microsiemens



RESUMEN

La aplicación de biol, como fertilizante orgánico para el cultivo de acelga, repollo y lechuga en condiciones hidropónicas es una alternativa para obtener productos orgánicos y además optimizar el uso del espacio y agua. Objetivos: a) Comparar el crecimiento, número de hojas y biomasa de acelga, lechuga y repollo con tres dosis 800, 600 y 400 ml de biol, condiciones hidropónicas a nivel de invernadero, b) Relacionar el crecimiento (cm) y el número de hojas de la acelga, lechuga y repollo, en relación a tiempo (días) de desarrollo. Los factores estudiados fueron hortalizas (acelga, repollo y lechuga) y dosis de abono líquido (biol) (400, 600 y 800 ml/15 L), se utilizó el diseño de bloques al azar (DBA), con arreglo factorial de 3x3 con tres repeticiones. Se evaluó la altura (cm) de la planta, longitud (cm) de raíz y número de hojas, cada 10 días, la biomasa (kg) al final, la oxigenación mecánica se realizó 2 veces al día durante la investigación a las 07:00 y 18:00 h. Se aplicaron los análisis estadísticos, Análisis de Varianza, contraste Tukey para determinar la diferencia de crecimiento y biomasa de las hortalizas (acelga, lechuga y repollo) con la aplicación de diferentes dosis de biol de estiércol de cuy, Kruskal Wallis para determinar la diferencia de número de hojas y regresión lineal para determinar el crecimiento en relación al tiempo (días). Los resultados: acelga presentó mayor altura 36.65 cm con la aplicación de solución química, seguido por el T3:D3 con la aplicación de 800 ml de abono líquido-biol 23.29 cm y número de hoja en promedio 9.06 a 9.67 hoja/planta, siendo similar a los demás tratamientos. Repollo presentó mayor altura en T0:Testigo con 75.67 cm, y con la aplicación de abono orgánico no presentaron diferencia con 39.22 a 41.17 cm. Lechuga presentó 41.67 cm de altura con la aplicación de solución química, seguido por T7:D1 con la aplicación de 400 ml/15 L de abono líquido-biol con 32.78 cm. En relación al tiempo acelga tuvo un crecimiento significativo, mientras que el cultivo de repollo no alcanzó a formar cogollo, finalmente, la lechuga tuvo un crecimiento significativo tanto con la aplicación de abono orgánico e inorgánico. Conclusión la producción de acelga la fue mejor con la solución inorgánica, seguido por el T3:D3 con la aplicación 800 ml/15 L de abono líquido-biol, repollo fue mayor con la aplicación de 600 ml/15 L no desarrollaron cogollo. Finalmente, para la lechuga, fue superior con la aplicación de solución inorgánica y con la aplicación de 400 ml/15 L de abono líquido-biol fue mejor entre la aplicación de solución orgánica durante 80 días.

Palabras Clave: abono líquido, acelga, biol, hidroponía, lechuga.



ABSTRACT

The application of biol, as an organic fertilizer for the cultivation of chard, cabbage and lettuce in hydroponic conditions is an alternative to obtain organic products and also to optimize the use of space and water. Objectives: a) To compare the growth, number of leaves and biomass of chard, lettuce and cabbage with three doses of 800, 600 and 400 ml of biol, under hydroponic conditions at greenhouse level, b) To relate the growth (cm) and number of leaves of chard, lettuce and cabbage, in relation to time (days) of development. The factors studied were vegetables (chard, cabbage and lettuce) and doses of liquid fertilizer (biol) (400, 600 and 800 ml/15 L), using a randomized block design (RBD), with a factorial arrangement of 3x3 with three replications. Plant height (cm), root length (cm) and number of leaves were evaluated every 10 days, biomass (kg) at the end, mechanical oxygenation was carried out twice a day during the research at 07:00 and 18:00 h. Statistical analyses, Analysis of Variance, Tukey contrast were applied to determine the difference in growth and biomass of the vegetables (chard, lettuce and cabbage) with the application of different doses of guinea pig manure biol, Kruskal Wallis to determine the difference in the number of leaves and linear regression to determine growth in relation to time (days). The results: chard presented greater height 36.65 cm with the application of chemical solution, followed by T3:D3 with the application of 800 ml of liquid manure-biol 23.29 cm and leaf number on average 9.06 to 9.67 leaf/plant, being similar to the other treatments. Cabbage presented greater height in T0:Control with 75.67 cm, and with the application of organic fertilizer there was no difference with 39.22 to 41.17 cm. Lettuce presented 41.67 cm of height with the application of chemical solution, followed by T7:D1 with the application of 400 ml/15 L of liquid fertilizer-biol with 32.78 cm. In relation to time, chard had a significant growth, while the cabbage crop did not reach bud formation, finally, lettuce had a significant growth both with the application of organic and inorganic fertilizer. In conclusion, chard production was better with the inorganic solution, followed by T3:D3 with the application of 800 ml/15 L of liquid fertilizer-biol, cabbage was better with the application of 600 ml/15 L and did not develop heads. Finally, for lettuce, it was superior with the application of inorganic solution and with the application of 400 ml/15 L of liquid fertilizer-biol was better between the application of organic solution for 80 days.

Keywords: liquid fertilizer, chard, biol, hydroponics, lettuce.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La producción de hortalizas en la zona altoandina es limitada debido a las condiciones meteorológicas, teniendo en cuenta que la región de Puno presenta época lluviosa y seca, con la presencia granizada, helada y fuertes vientos. Las hortalizas se caracterizan por su valor nutritivo, rica en agua, antioxidantes, vitaminas y minerales, presentan hojas de follajes desarrollados (Valdivia y Almanza, 2016; Salgado y Igarza, 2009).

Existe maneras de cultivar los vegetales, como en huertos, macetas, en invernaderos, entre otros, además del cultivo en suelo, también el cultivo en sistema hidropónico, donde no se requiere del suelo como soporte y los nutrientes que aprovecha la planta es directamente del agua que están disueltos, siendo ventajoso porque se adecua a cualquier espacio y condición climática y económica (Zarate, 2014).

El cultivo en hidroponía, es una alternativa que permite la producción de vegetales sin suelo, aprovechando sitios o áreas no convencionales, sin perder de vistas las necesidades de las plantas, como luz, temperatura, agua y nutrientes (Beltrano y Giménez, 2015), además, depende a una buena oxigenación y solución nutritiva (Camacho, 2018).

Los nutrientes que son aplicados para la producción hidropónica pueden ser orgánica o inorgánica. El abono orgánico como el biol es elaborada a base de estiércol de animal (ovino, cuy, vacuno y otros), que mejoran el desarrollo de las plantas, incrementando el peso, tamaño y número de hojas (Guevara, 2011), el uso de biol es una alternativa ecológica como fertilizante orgánico para cultivos (Cando y Malca, 2015). Existe ventajas como: mínima pérdida de agua, no es necesario la rotación de cultivos, menor aplicación de aplicación, entre otros (Gilsanz, 2007).



A nivel mundial se busca tener una alimentación sana con productos orgánicos, por lo cual, la producción de hortalizas (acelga, repollo y lechuga), en un sistema hidropónico con la aplicación de abono líquido (biol) a base de estiércol de cuy, es una alternativa de producción orgánica, contribuyendo en la seguridad alimentaria en la zona altoandina, optimizando el espacio, agua, mano de obra y económico, teniendo en cuenta las condiciones climáticas de la región de Puno, además, es importante el cultivo en invernaderos o espacios adecuados para la producción de vegetales, siendo espacios más que tiene una producción por todo el año.

1.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar el crecimiento, número de hojas (cm) y biomasa (kg) de la acelga, repollo y lechuga, con la aplicación de tres dosis de abono líquido-biol, relación al tiempo en condiciones hidropónicas a nivel de invernadero

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar el crecimiento, número de hojas y biomasa de acelga, lechuga y repollo con tres dosis 800, 600 y 400 ml de biol, condiciones hidropónicas a nivel de invernadero.
- Relacionar el crecimiento (cm) y el número de hojas de la acelga, lechuga y repollo, en relación a tiempo (días) de desarrollo.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

La hidroponía inició en el siglo XIX, gracias a diferentes estudios por los fisiólogos como Woodward y De Saussure sobre las vías de absorción de nutrientes por las plantas, a partir de entonces, es una técnica que se practica en diferentes países (Zárate, 2014), por tanto, el cultivo en hidroponía tiene una gran importancia, debido a que genera mayor eficiencia en el uso de agua e incremento de la producción de los cultivos (Birgi, 2015), por lo que es una alternativa de solución a la disminución de las áreas agrícolas debido a la contaminación, desertización, cambio climático y el incremento de la población hoy en día es una solución (Beltrano y Giménez, 2015).

La producción de hortalizas es para el autoconsumo y realizar venta en los mercados locales (Buxmann, 2019; Zarate, 2014), ya que la mitad de la población viven en zonas urbanas, por ello incrementa la demanda de hortalizas (Candia y Quiroga, 2018), por lo tanto, la producción de hortalizas es una alternativa para asegurar la alimentación a nivel familiar (Vega y Salamanca, 2016), se requiere producir de manera orgánica, para garantizar la alimentación e ingreso familiar (Candia y Quiroga, 2018), por otro lado, las hortalizas pueden consumirse desde tamaños pequeños y también tiene un alto contenido de agua, además se puede consumirse crudos y cocinadas (Zarate, 2014).

Para una buena producción de hortalizas en sistemas hidropónicos es importante considerar la temperatura, pH y conductividad eléctrica del agua que son parámetros que influyen en la producción (Gilsanz, 2007), asimismo, los parámetros ambientales como la temperatura, humedad concentración de O₂, calidad de agua y solución nutritiva (Beltrano y Giménez, 2015), por lo tanto, para el cultivo de acelga en lo general es



positiva en temperatura entre 13°C y 25°C de temperatura, con temperatura máxima de 41.12 °C, la mínima de 9.16 °C y un promedio de 24.60 °C, que favorece el desarrollo de los cultivos de acelga, asimismo, la humedad relativa con un promedio de 69% para el tiempo de producción de acelga, tanto en la germinación y en el crecimiento para evitar a que se marchite las hojas y prevenir de las enfermedades (Nuñez, 2016).

La acelga (*Beta vulgaris* L.) tiene propiedades nutricionales y medicinales, su consumo ayuda a prevenir enfermedades y puede ser consumida en ensaladas y cocinada (Ronquillo, 2017). Existen diferentes variedades de acelga como Fordhook giant presentaron el mayor número de hojas (10) y la mejor longitud de hoja (26.92 cm) en relación a la variedad Ruibarbo que consiguió un número de hojas superior (11 hojas) por planta y la mayor longitud de hoja (27.32 cm) (Nuñez, 2016), llegando a desarrollarse en 125-130 días en condiciones extremas del entorno (Hoyos *et al.*, 2005).

En crecimiento vegetativo del cultivo de acelga con abonamiento de estiércol de lombriz y ovino; en altura de planta registros entre 41.44 a 43.78 cm, en relación al número de hojas/planta, la dosis de estiércol de ovino de 10 t/ha tuvo mejor un registro de 11.41 hojas a 9.54 hojas (Coila, 2017). En un tiempo de 76 días después del trasplante (DDT), registraron un promedio de longitud de raíz entre 24.07 a 45.28 cm, peso fresco de la planta 85.00 a 243.61 g/planta, el número de hojas entre 16.00 a 25.67 cm con la aplicación de diferentes aguas salinas y solución hidropónica La Molina (Flores, 2020), por otro lado, el crecimiento de acelga con la aplicación de aminofol con dosis 500, 400 y 0(testigo) ml/ha, obteniendo altura de la planta 61.27, 54.53 y 49.80 cm, respectivamente, longitud de raíz 59.60, 55.80 y 4.53 cm, número de hojas 10.47, 9.07 y 8.27 (Cruz, 2016).



La acelga generalmente varía según los meses de cultivo, por lo que, en primavera las hojas son más largas y la producción en meses fríos presenta hojas cortas, siendo importante los parámetros ambientales (Hoyos *et al.*, 2005).

El cultivo de repollo presenta un promedio de altura de la planta a los 6 días del trasplante tuvo un registro entre 10.4 a 12.4 cm con la aplicación de diferentes sustratos como desechos de cacao, compost más agua de lirio y algasoil (Calle, 2018), su producción depende de la variedad que suele ser entre 120 a 150 días después de la siembra (Zamora, 2016). El desarrollo hasta 78 días, de la longitud de la raíz el rango 9.3 a 50.3 cm, el número de hojas se reflejan en el tamaño fue entre 6 a 12 hojas por planta (Palacios, 2014), con la aplicación de cuyasa presenta altura de plantas con 37.97 cm (Sangama, 2020).

En Bolivia, evaluaron las variables de altura de planta donde resultaron con mayores registros con promedios de 10.09 y 15.87 cm de mayor dosis de biol 6% y con frecuencias de 8 y 15 días de aplicación (Pomboza *et al.*, 2016), por otro lado, existen estudios con diferentes soluciones nutritiva orgánicas como por ejemplo, humus+micorriza donde las variable de peso de planta fue entre 56.02 a 42.69 g/planta, mientras que los registro de altura de la planta fue 13.54, 14.02 y 13.27 cm en relación a la aplicación de solución stock con registro de 13.04 (Velasco *et al.*, 2016). Otras soluciones nutritivas preparadas a base de ladrillo que es aprovechada en Colombia, donde la altura de planta se registró valores de 18.97 y 17.94 cm siendo superior con una aplicación de dosis menor (Arcos *et al.*, 2011). Por otro lado, en Ecuador utilizan las soluciones nutritivas inorgánicas en diferentes variedades de lechuga, donde variedad Salad Bowl registró un mayor promedio en la altura de planta con 51.3 y la variedad Gentilina que presentó un promedio de 20.3 cm y con promedio de número de hojas 18.9 hojas/planta (Llanten, 2017), así también, con la aplicación de biol presentaron 24.40 cm



de altura de planta, 24.40 cm de longitud de raíz presentó, número de hojas 17.89, sin embargo con aplicación de solución nutritiva química, 28.04 cm de altura de planta 33.04 cm de longitud de raíz 21.22 hojas/planta (Vecilla, 2022).

En Trujillo, se aprovecharon los residuos de caña de azúcar y combinaron con diferentes estiércoles de cuy, donde la aplicación de 750 ml/200L de biol se obtuvo mayor longitud de raíz con un registro de 9.00 cm, sin embargo, mayor longitud de planta fue con la aplicación de 1000 ml/200L de biol con un registro de 26.92 cm y con un peso de 165.83 g (Gálvez *et al.*, 2019), el desarrollo de la lechuga Waldman`s Green tuvo un mayor peso fresco con un registro de 30g/planta (Chambilla, 2019). La aplicación de biol con una dosis de 500 cc tuvo mayor rendimiento, siendo esta la dosis menor con promedios entre 136 a 175 g por unidad experimental (Cando y Malca, 2015). Por otro lado, los efectos por la aplicación de las soluciones nutritivas como: solución La Molina, té de estiércol, té de lombricompost y biol en el desarrollo del número de hojas a los 39 días después del trasplante registraron 18.2, 16.3, 15.3 y 14.7, respectivamente, asimismo en la altura de la planta 26.12, 24.23, 23.52 y 22.40 (Milton, 2018).

En Uruguay la cosecha es realizada cuando la lechuga alcanzó un tamaño adecuado para el consumo o comercialización, que demora en invierno 55 días y en verano en 35 días en sistema hidropónico (Gilsanz, 2007).

La solución nutritiva contribuye todos los elementos necesarios para incrementar el crecimiento de los cultivos en sistemas hidropónicos (Beldrano y Giménez, 2015) que incrementa la producción de productos orgánicos con mayor rendimiento de la planta (Toalombo, 2013). Con respecto al abono líquido tiene una reacción neutra con 7.27 de pH, 3.68 de Conductividad Eléctrica (CE) 3680, 1.43 % de N, 44 ppm de P y 266 ppm de K (Vega, 2015).



Los factores que influyen en el desarrollo de la planta en un sistema hidropónico, donde la temperatura preferiblemente no debe superar 20 °C ni 30 °C en un ambiente protegido, también la conductividad es recomendable que debe oscilar entre 0.8 a 1.5 mS/cm³, en las primeras dos semanas y no sobrepasar los 1,8 mS/cm³ al final, con respecto de pH es recomendable que sea neutro (pH de 7) (Brenes y Jiménez, 2014). El cultivo de repollo puede tolerar el pH ácidos del rango de 6 a 6.5 y moderadamente sensible a las sales entre 1.2 dS/m a 2 dS/m en promedio (Zamora, 2016).

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Hortalizas

Las hortalizas son plantas que se cultivan todo el año, comestibles, de tamaño pequeño y tallos herbáceos, con alto contenido de agua, que pueden consumir crudas o cocidas y depende de las partes de consumo de la planta (Zarate, 2014), los vegetales tienen mayor porcentaje de agua, y el contenido de hidratos de carbono, minerales y vitamina, no obstante, contiene poca proteína y grasa (Soria, 2015).

2.2.2. Importancia de las hortalizas

Las hortalizas son una fuente fundamental de fibra, vitaminas y minerales en la alimentación humana, además es la esperanza de vida, ayuda a prevenir enfermedades crónicas y terminales, así también, la disminución de gastos en salud con mejoras en la calidad de la alimentación, haciendo dietas balanceadas con mayor consumo de hortalizas de manera fresca o procesada (FAO, 2013), por lo que, la producción de hortalizas en la actualidad tiene mayor demanda entre los consumidores locales, a nivel nacional y a nivel mundial (Ladrón *et al.*, 2005). Las hortalizas de hoja verde son importantes para una dieta saludable, debido a



que son fuente de vitaminas, minerales y nutrimentos, es por ello que de manera internacional se promueve su consumo para mejorar la nutrición (Nuñez, 2016).

2.2.3. Acelga (*Beta vulgaris*)

La acelga es una hortaliza de hojas verdes es un alimento rico en nutrientes, vitaminas, sales minerales y fibra (Medina *et al.*, 2017), además, contiene un valor alto alimenticio que se requiere para mantener una buena salud, ya que es muy rica en calorías, proteínas, calcio, fósforo (Giraldo *et al.*, 1886), sodio, magnesio, potasio, hierro entre otros, considerado con alto nivel energético y provitamínico A (Costa *et al.*, 2003), es importante por sus propiedades medicinales, ayuda a prevenir algunas enfermedades y puede consumirse en ensaladas o cocinadas (Ronquillo, 2017). Además, el contenido energético y valor provitamínico A entre la hoja y el tallo de este vegetal, es una parte aprovechable de la planta, por lo que es recomendable en dietas hipocalóricas (Costa *et al.*, 2013), por lo que es necesario su producción para garantizar las necesidades de una población en diferentes espacios (Candia y Quiroga, 2018).



2.2.3.1. Taxonómica

Clasificación filogenética de acelga según Condori y Vilca (1995):

Orden: Centrospermales

Suborden: Chenoponiinae

Familia: Chenopodiaceae

Género: *Beta*

Especie: *Beta vulgaris* L. (1753).

Nombre común: Acelga

2.2.3.2. Descripción botánica

Según Faúndez *et al.* (2017) indican que la acelga es una planta de ciclo largo considerado bianual y no forma raíz o fruto comestible y describe de la siguiente manera:

- **Raíz:** raíz bastante profunda y fibrosa
- **Hojas:** Son grandes y comestible, siendo basales ovales con la base cordada.
- **Flores:** son sésiles hermafroditas, siendo plantas monoicas, con cinco tépalos y cinco estambres.

2.2.3.3. Composición

Según Ladrón *et al.* (2005) su composición general (Tabla 1):

Tabla 1. Composición general de acelga

Composición	Valor de 100 g de producto
	fresco
Agua (%)	91.1
Lípido (g)	0.3
Fibra (g)	0.8
Hierro (mg)	3.2
Calcio (mg)	88
Vitamina A (U.I.)	6.500
Vitamina C (mg)	3.2

2.2.4. *Brassica oleracea* L.

Brassica oleracea L. var. Capitata es una hortaliza de alta demanda a nivel nacional e internacional por su alto contenido de agua, fibra, vitamina A y C y minerales como potasio, fósforo y magnesio para beneficio de los seres humanos (Calle, 2018), que pueda ser cultivada tanto en la temporada de otoño-invierno y primavera-verano, siendo las hojas compactadas en forma de cabeza las partes comestibles, además, contiene vitaminas A, B₆, C, potasio, fibra y es baja en grasas y contribuye beneficios a la salud humana (Zamora, 2016).

El repollo se adapta en lugares templados son más apropiados, se adaptan diferentes climas de Perú, se considera que la temperatura es óptima entre 15-20 °C, con una alta humedad relativa, en la sierra se cultiva entre setiembre a noviembre (Palacios, 2014).



2.2.4.1. Taxonomía

Clasificación filogenética de repollo según Condori y Vilca (1995):

Orden: Papaverales

Suborden: Capparidinea

Familia: Brassicaceae

Género: *Brassica*

Especie: *Brassica oleracea* L. (1753)

Nombre común: Repollo

2.2.4.2. Descripción botánica

Según Faúndez *et al.* (2017) reportan que el repollo es una planta anual forrajera por lo que son comestibles sus hojas y con las siguientes características:

- **Raíz:** pivotante, rara vez fasciculado, que no presenta micorrizas y generalmente son reservantes y de forma napiforme.
- **Tallo:** Durante su fase vegetativa y forma rosetas aplastadas y que luego emiten tallos florales diversos, tallo herbáceo y rara vez tronco, pilosos.
- **Hoja:** son alternas con nerviación reticulada pinnada, de forma variada y sésil.
- **Flor:** son perfectas y completas, con pétalos opuestos a los sépalos. Además, con inflorescencia modificado a modo de panojas.

2.2.4.3. Composición

Según Ladrón *et al.* (2005) estiman la composición general del repollo (Tabla 2):

Tabla 2. Composición general de repollo

Composición	Valor de 100 g de producto fresco
Agua (%)	95
Proteínas (g)	1.2
Lípido (g)	0.8
Carbohidratos (g)	3
Fibra (g)	0.6
Cenizas (g)	0.7
Fósforo (mg)	40
Hierro (mg)	0.6
Sodio (mg)	23
Potasio (mg)	253
Calcio (mg)	43
Vitamina A	150
Tiamina (mg)	0.05
Niacina (mg)	0.26
Ácido ascórbico (mg)	25
Riboflavina (mg)	0.04

2.2.4.4. Variedades

Cada variedad tienen cualidades, que el consumidor y el productor prefieren según Valencia (1995):



- Col común

Se caracteriza por tener hojas delgadas, de color verde y la forma de la cabeza variada: redonda, puntiaguda, achatada y algunas, tiene el mayor grado de diversidad dentro de la col y el más difundido, el hábito de floración puede ser precoz o tardío.

- Col roja

Es considerado un raro color de la col común con de forma redonda, hojas gruesas y susceptibles a climas calurosos, encontrándose variedades de maduración precoz y tardía, su preparación principalmente es de ensaladas.

- Col savoy

Es clasificado como *Brassica oleracea* var. Bullata, las hojas se vuelven dulces cuando la cabeza es expuesta al frío durante la madurez, toma forma de flor, color amarillo intenso y pétalos redondeados, además, la forma de la vaina es cilíndrica y corta y de forma irregular comparada.

2.2.5. Lechuga (*Lactuca sativa* L.)

La lechuga *Lactuca sativa* L. es una hortaliza de hoja y de consumo a nivel mundial por las propiedades nutricionales, vitaminas y minerales que posee (Inicio, 2019) y se consume durante todo el año, contiene 94.8 % de agua, 1.2 % de proteína, 0.2 de grasas y 2.9 % de hidratos de carbono, además contiene elevadas dosis de vitamina A, B, C, y E, y también minerales (León, 1977), además, contiene bajo en calorías y es utilizada en régimen de dieta, con propiedades calmantes, somníferas (Valencia, 1995).



2.2.5.1. Taxonomía

Clasificación filogenética de lechuga según Condori y Vilca (1995):

Orden: Campanulales

Familia: Asteraceae

Subfamilia: Cichorioidae

Género: *Lactuca*

Especie: *Lactuca sativa* L. (1753).

Nombre común: Lechuga

2.2.5.2. Descripción botánica

Según Japon (1977) refiere que la lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una planta anual, el cultivo suele durar de 50-60 días y 70-80 días dependiendo de las variedades.

- **Raíz:** Es pivotante, tiene un eje principal carnoso, poco ramificado y puede llegar a medir 1.80 metros, teniendo numerosas raíces laterales.
- **Tallo:** Es muy corto que se desarrolla después de la culminación de la etapa comercial y comienza el desarrollo del tallo floral, pudiendo llegar a medir de 1 a 1.20 m en algunos cultivares.
- **Hoja:** Según la variedad, que puede ser lanceolada, oblonga, abovada, redonda, con borde liso, lobulado, ondulado, dentado (crespo), superficie plana, rugosa, color puede ser amarillentas, verde claro, verde oscuro y rojizas y purpuras, consistencias rígidas, tiernas y con sabor levemente amarga o dulces.

- **Flor:** Son agrupadas en capas compuestas por 10 a 20 floretes, con receptáculo plano, rodeado por brácteas imbricadas, periféricas liguladas y con corola tubular cáliz filamentosos.

2.2.5.3. Composición

Según Ladrón *et al.* (2005) reportan la composición general de lechuga (Tabla 3):

Tabla 3. Composición general de lechuga.

Composición	Valor de 100 g de producto fresco
Proteínas (g)	8.4
Lípido (g)	1.3
Carbohidratos (g)	20.1
Fósforo (mg)	138.9
Hierro (mg)	7.5
Calcio (mg)	0.4
Vitamina A (U.I)	1155
Tiamina (mg)	0.3
Niacina (mg)	1.3
Calorías (cal)	18
Vitamina C (mg)	125.7
Riboflavina (mg)	0.6



2.2.5.4. Variedades

Cada variedad tienen cualidades, que el consumidor y el productor prefieren según Valencia (1995):

- ***Lactuca sativa* var. Crespa**

La lechuga de hoja o rizada no forma una cabeza compacta sino un manojo de hojas, además, algunos cultivares tiene hojas bien rizadas y con entradas pronunciada.

- ***Lactuca sativa* var. Capitata**

Es ampliamente distribuida, corresponde a la cabeza parecida a la col, muy compacta, formada por hojas gruesas, vena principal que se divide en venas pequeñas antes de llegar al ápice de la hoja, siendo hojas quebradizas, es tolerante al calor y de excelente calidad.

- ***Lactuca sativa* var. Longifolia**

También conocida como lechuga col o lechuga romana, que forma cabeza cilíndrica o cónica, erguida, hojas respectivamente estrechas, más largas que anchas, crocantes, gruesas, rígidas y plegadas en cuchara.

- ***Lactuca sativa* var. Asparagina (var. Angustana)**

No forma cabeza, presenta tallos tiernos y carnosos, que son usados generalmente para ser cocidos y no las hojas, por lo que, son gruesas y desagradables, las hojas basales estrechas, lanceoladas y alternas, algunas con ápice puntiagudo.



2.2.6. Control de malezas, plagas y enfermedades

Control de plagas en un cultivo hidropónico tiene la posibilidad de que el sustrato no esté infestado con plagas, dado que no utiliza el suelo, además, no hay lugar para que las malezas compitan con el cultivo, sin embargo, puede ser rápida la propagación de enfermedades de plantas en los sistemas hidropónicos (Beltrano y Giménez, 2015).

2.2.7. Hidroponía

El término hidroponía se deriva del griego *hydro* = agua y *ponos* = trabajo o actividad, es decir, trabajo del agua o actividad del agua, además, se conoce como cultivo sin suelo (Zarate, 2014).

El cultivo en hidroponía, es una modalidad en el manejo de plantas, que permite su cultivo sin suelo. Mediante esta técnica se producen plantas principalmente de tipo herbáceo, aprovechando sitios o áreas no convencionales, sin perder de vistas las necesidades de las plantas, como luz, temperatura, agua y nutrientes (Beltrano y Giménez, 2015).

2.2.7.1. Historia de hidroponía

Actualmente va incrementando el interés de muchas personas en realizar el cultivo hidropónico en el hogar, para garantizar una alimentación saludable importancia de hidroponía, generando una cosecha orgánica y que pueda contribuya al medio ambiente (Bazan *et al.*, 2021).

2.2.7.2. Cultivos hidropónicos

En los cultivos hidropónicos, es cuando el suelo como sustrato para sostener la raíz y retener la humedad es reemplazado por agua y fertilizante (Zarate, 2014).



2.2.8. Parámetros del agua

El parámetro del agua engloba la concentración de sales disueltas (CE), presencia relativa de sodio (RAS), contenido de carbonatos y bicarbonatos (que condicionan el pH), concentración de boro, hierro, cloro y manganeso, también nutrimentos como: calcio, magnesio y sulfatos que determinan en la condición del fertilizante (Castellón *et al.*, 2014), el sustrato agua tiene que cumplir las características aptas para el cultivo, teniendo en cuentas que es importante el clima, la calidad del agua y las técnicas de cultivo, con el aprovechamiento de sustratos que pueden ser reciclados como fertilizante (Martínez y Roca, 2011).

2.2.8.1. pH

En el cultivo en agua, las plantas son más susceptibles a los cambios del pH, que conviene mantener en un intervalo de 6.5 a 7.0 (Zarate, 2014), mientras Palacios (2014), considera que el rango optimo es de 5.5 a 7 de pH.

2.2.8.2. Oxígeno disuelto

Las raíces de todas las plantas necesitan oxígeno para respirar. La aireación puede ser natural, dejando un espacio entre el nivel del agua y la cama de sostén, o bien, por bombeo (Zarate, 2014).

2.2.8.3. Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica, se define como la capacidad que tienen las sales inorgánicas en solución (electrolitos) para conducir la corriente eléctrica, además, cuando la cantidad de sales es mayor también incrementa la conductividad (León, 2013), por otra parte, los valores de CE como medida de la presencia de sólidos disueltos totales, no son una restricción para el uso del agua en la agricultura (Castellón *et al.*, 2014).



2.2.8.4. Oscuridad

La solución nutritiva debe permanecer en la oscuridad para evitar el crecimiento de algas que provocan competencia por oxígeno y nutrientes con las raíces de la planta en cultivo (Zarate, 2014).

2.2.8.5. Temperatura

La temperatura es un factor muy importante para diferentes cultivos, ya que los cambios afectan directamente su fisiología y metabolismo de la planta y depende ella (León, 2013).

2.2.9. Abono orgánico

Los abonos orgánicos son los nutrientes que se suministran y requieren las planta para el crecimiento y producción, no tiene efectos negativos para el ser humano, animales ni el medio ambiente, así como: estiércol, compost, restos de las cosechas, biol, abonos verdes, restos orgánicos industriales, entre otros (Mendoza, 2016), que son soluciones nutritivas que contienen los nutrientes necesarios para el cultivo de plantas y para que se desarrollarse adecuadamente en un tiempo esperado (Brenes y Jiménez, 2014).

2.2.9.1. Estiércol

Es un material que es fuente de Nitrógeno, fosforo y potasio soluble, y es empleado como fertilizante orgánico para la producción de diferentes cultivos (Román *et al.*, 2013). Además, la aplicación de estiércol es similar a fertilizantes químico y compost, permitiendo mayor rendimiento (Figuroa *et al.*, 2010).



2.2.9.2. Estiércol de cuy

El estiércol de cuy es un abono orgánico muy importante su aplicación de en los cultivos y no afecta el medio ambiente (Barreros, 2017). Los parámetros del estiércol de cuy presentan 1.90 % de Nitrógeno (N), 0.98 % de Fosforo (P), 2.51 % de Potasio (K), con 7.77 de pH y 4.90 mm de Conductividad Eléctrica (Noli, 1999).

2.2.10. Biol

Es un producto obtenido de la descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos (MAGAP, 2014), contiene nutrientes que pueden ser aprovechado con mayor facilidad por las plantas, permitiendo mayor desarrollo y productividad, sobre todo es más aprovechado especialmente por hortalizas ya que es indicado en el tratamiento foliar (INIA, 2008; Mendoza, 2016) y es preparado en base a diferentes estiércoles, fermentados durante dos a tres meses en un envase, es líquido rico en nutrientes (FONAG, 2010).

2.2.11. Preparación de abono líquido-biol

Loa insumos son mezclados en biodigestores tipo turril de manera homogénea, con cierre hermético para la biodigestión, además incorporar una manguera para el purgado de metano, por burbujeo en la botella con agua (Figura 1) (Condori *et al.*, 2017).

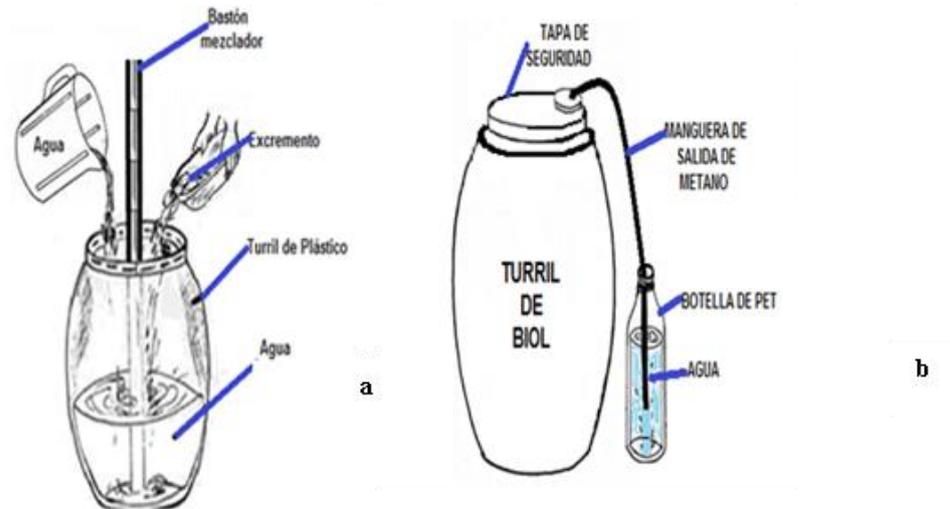


Figura 1. Proceso de preparación de abono líquido-biol; a. incorporación de los insumos; b. biodigestión en biodigestor (Condori *et al.*, 2017).

La descomposición anaeróbica generalmente tiene mejor desarrollo en condiciones de temperatura entre 20°C - 38°C (mesofílico) y 50°C - 60°C (termofílico), donde algunas materias primas requieren una temperatura alta para su biodigestión (Vega, 2015).

2.2.12. Importancia de abono líquido-biol

Utilizar abono líquido-biol estimula el desarrollo de la planta y sus actividades fisiológicas (MAGAP, 2014), generando mayor rendimiento de los cultivos actúa como biofertilizante (Condori *et al.*, 2017).

2.2.13. Almacenamiento de biol

El abono líquido-biol se almacena en lugares frescos, asimismo en recipientes oscuros que pueden como botellas, bidones, entre otros, para evitar el ingreso de la luz solar, que puede alterar su calidad, haciendo propicio estas condiciones de almacenamiento el biol puede durar hasta 06 meses (FONCODES, 2014).



2.2.14. Invernadero

Es una construcción que se encuentra cubierta con materiales transparentes para proteger las plantas de los factores atmosféricos y generalmente estas destinados para el cultivo hortalizas, flores entre otros, debido a que permite cultivar fuera de época, incremento de producción, ahorro de agua, trabajo cómodo y otras ventajas (Moreno, 2011). Por lo que, la pérdida de calor en el invernadero es directamente proporcional a la superficie expuesta, cuando es mayor el tamaño, se enfría el interior, siendo perjudicial para climas templadas a fríos (Lencak y Iglesias, 2019)

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDIO

La investigación se realizó en el invernadero de la Oficina de Gestión Ambiental de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, ubicado en Puno, Perú, a una altitud de 3812 msnm en las coordenadas geográficas latitud $15^{\circ}49'43.00''S$ y longitud $70^{\circ}0'58.95''O$ (Figura 2). La ciudad de Puno es de clima frío y semiseco, también la época de lluvia que inicia en el mes de octubre y concluye en abril, con una temperatura media anual máxima es $14,4^{\circ}C$ y mínima $2,6^{\circ}C$ (SENAMHI, 2003).



Figura 2. Ubicación del área de estudio (invernadero)

Fuente: Google earth pro (2022).

3.1.1. Características del invernadero

El invernadero es de tipo túnel, con medida de largo, ancho y alto de $15 \times 5 \times 4$ m, donde se realizó la producción de biol, el proceso de germinación de las especies (acelga, lechuga y repollo) y el cultivo de las especies mencionadas.

Para lo cual se realizó el registro de temperatura y humedad ambiental durante toda investigación, según los registros la temperatura media osciló entre 18 a 22 °C, la temperatura máxima se registró entre 32 a 40 °C, temperatura mínima osciló -1 a 6 °C, con respecto a la humedad relativa media en el invernadero osciló de 45 a 58 %, la humedad relativa máxima fue entre 67 a 86 % y la humedad relativa mínima osciló entre 22 a 34 % (Figura 3).

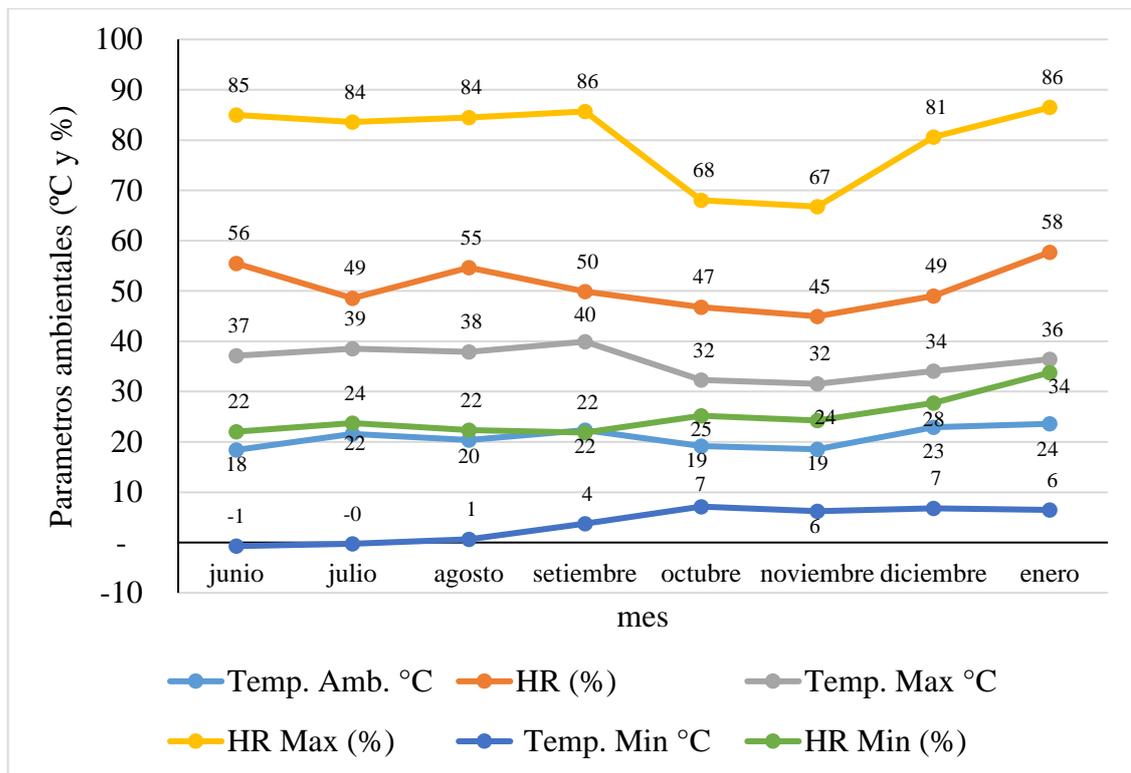


Figura 3. Parámetros ambientales del invernadero durante los meses de evaluación.

3.2. TIPO DE ESTUDIO

La investigación es de tipo experimental, por lo que se realizó para conocer la proporción de aplicación de dosis de abono líquido-biol en la producción de acelga, lechuga y repollo evaluando altura de la planta, longitud de raíz, número de hojas, biomasa fresca en relación al tiempo.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

Se evaluó 60 unidades de muestra por hortaliza (acelga, repollo y lechuga) un total de 180 unidades de muestra, la muestra evaluada tres unidades de muestra por tratamiento.

3.3.1. Preparación de la solución nutritiva

La preparación de abono líquido-biol, primero se recolectó el estiércol de cuy del Centro Poblado de Caya Caya, que está ubicado en el distrito de Putina, provincia de San Antonio de Putina, en la región de Puno. Para la preparación del abono líquido-biol, se dispuso un barril con capacidad de 60 litros, donde se utilizó los siguientes insumos: 20 kg de estiércol de cuy, 7 kg de vísceras de pescado, 5 kg alfalfa, 0.20 kg de cascara de huevo, los cuales fueron triturados, también se agregó 0.2 kg roca fosfórica, 3.5 litros de leche, 40 L de agua, y 2 L orina, fueron mezclados de manera homogénea con una madera en el barril. También, se utilizó una manguera transparente de 1.5 metros que se conectó al barril y a una botella con agua para impedir el ingreso de oxígeno y emisión de gases de fermentación como metano, nitrógeno, entre otros. Finalmente, para la cosecha, se filtró utilizando malla o colador 2 mm, una vez filtrado se guardó en un lugar fresco y oscuro, posteriormente se agregó a las bandejas de cultivo de hortalizas (acelga, repollo y lechuga) (Anexo 6).

Los insumos agregados al biodigestor o barril (Figura 1), el estiércol de cuy tiene múltiples beneficios, en especial para la elaboración de abonos orgánicos, por su alto contenido en nutrientes sobre todo elementos menores, además, no afecta al medio ambiente (Rojas, 2015). Alfalfa contribuyen para enriquecer el contenido de nitrógeno y cáscara de huevo para enriquecer con Calcio y Fósforo (Condori *et al.*, 2017), lo que favorece el crecimiento por el alto

valor nutricional, que se obtiene 45 a 60 días en el biodigestor, teniendo en cuenta que un biol abono líquido aparenta a un color verde y olor fuerte y espumoso (Canales *et al.*, 2002).

3.3.2. Análisis físico-químico de abono líquido-biol a base de estiércol de cuy

El análisis físico-químico de abono líquido-biol fue realizado en el Laboratorio de Aguas y Suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis físico-químico de abono líquido-biol a base de estiércol de cuy

Elementos analizados	Unidad	Abono líquido-biol
pH		9.40
Conductividad eléctrica	$\mu\text{S/cm}$	24600
Fosforo total	%	9.50
Nitrógeno total	%	0.19
Potasio total	%	1.90

Fuente: Laboratorio ambiental de agua suelos y mecánica de suelos (2021)

3.3.3. Germinación de hortalizas

Las semillas fueron adquiridas de AGROVETERINARIA de la ciudad de Puno. Las semillas de acelga fueron seleccionados de color marrón claro, la del repollo redondos y color marrón, finalmente la semilla de la lechuga tiene la forma alargada y estrías longitudinales terminando en punta. Los cuales fueron

seleccionado, para el almacigo, realizado en tres bandejas, uno por hortaliza (acelga, repollo y lechuga), incorporando el sustrato (30 % de tierra compost y 70 % de arena), seguidamente fue humedecido, luego se sembró las semillas y fue cubierta con arena, nuevamente fue humedecido con un rociador. Cada bandeja de almacigo se cubrió con 01 unidad de mayólica, posteriormente diario se humedeció con el rociador hasta su brote, esto para mantener húmedo el sustrato, esto fue realizado antes de la instalación de las cajas de hidroponía (Anexo 5).

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño aplicado para esta investigación fue un Diseño Bloque al Azar (DBA) con un arreglo factorial con tres repeticiones, donde el factor A correspondió a la especie (acelga, repollo y lechuga): y el factor B, a las dosis de aplicación de solución orgánica (biol) 400 ml/15 L, 600 ml/15 L, 800 ml/15 L, más un testigo, con la aplicación de solución química 5ml/L, haciendo en total 30 unidades experimentales, las conformaciones de los tratamientos evaluados (Figura 4).

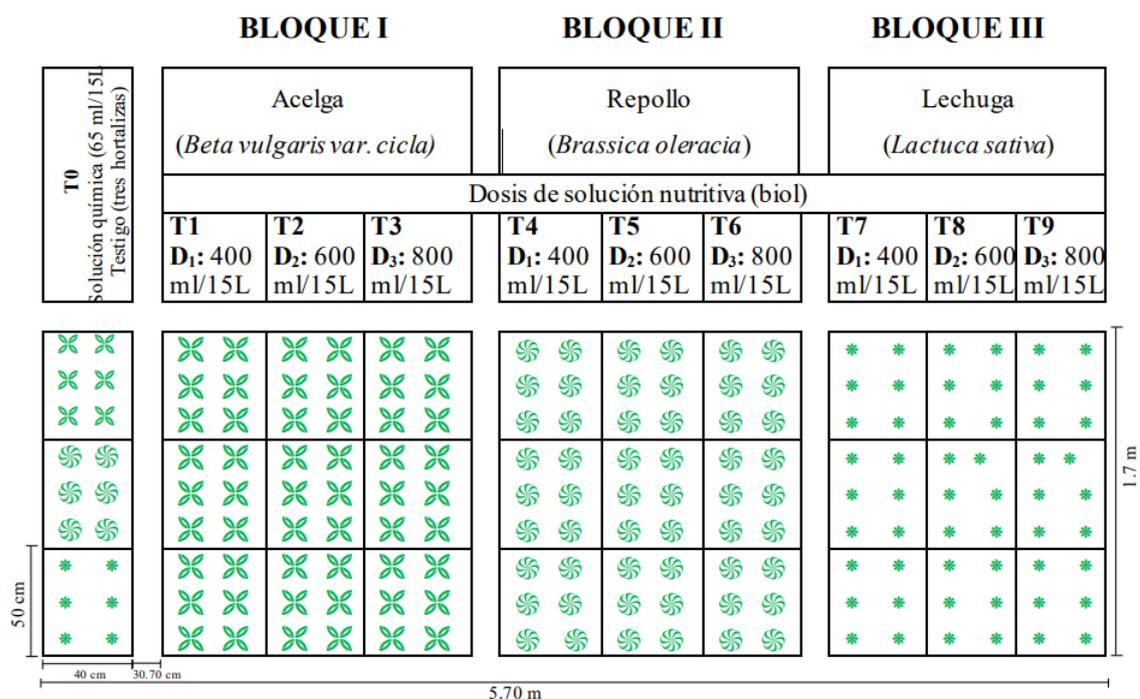




Figura 4. Diseño de la instalación de las unidades experimentales.

3.4.1. Tratamiento y unidades experimentales

En esta investigación se propuso los tratamientos de acuerdo a las especies y a la dosis de aplicación de abono líquido-biol (Tabla 5).

A. Factor hortaliza:

- B1 : acelga
- B2 : Lechuga
- B3 : Repollo

B. Factor dosis de aplicación de la abono líquido-biol:

- D0 : 5 ml/L de Solución inorgánica
- D1 : 400 ml/15 L
- D2 : 600 ml/15 L
- D3 : 800 ml/15 L

Tabla 5. Tratamientos de acuerdo a las especies y a la dosis de aplicación de abono líquido-biol.

Bloques	Hortaliza	Tratamiento:	
		Dosis	Descripción
Testigo	Acelga, lechuga y repollo	T0: Testigo	Aplicación de solución inorgánica 5 ml por litro de agua
BLOQUE I	Acelga	T1: D1	400 ml/15 L de abono líquido-biol
	Acelga	T2:D2	600 ml/15 L de abono líquido-biol
	Acelga	T3:D3	800 ml/15 L de abono líquido-biol
BLOQUE II	Repollo	T4:D1	400 ml/15 L de abono líquido-biol
	Repollo	T5:D2	600 ml/15 L de abono líquido-biol
	Repollo	T6:D3	800 ml/15 L de abono líquido-biol
BLOQUE III	Lechuga	T7:D1	400 ml/15 L de abono líquido-biol
	Lechuga	T8:D2	600 ml/15 L de abono líquido-biol
	Lechuga	T9:D3	800 ml/15 L de abono líquido-biol

3.5. METODOLOGÍA POR OBJETIVOS

3.5.1. Comparación del crecimiento, número de hojas y biomasa de acelga, lechuga y repollo con tres dosis 800, 600 y 400 ml de biol, condiciones hidropónicas a nivel de invernadero.

a. Elaboración de cajas

Fueron elaborados de madera con las siguientes medidas, largo (50 cm), ancho (40 cm) y altura (10 cm), con capacidad 16 L, cada caja fue forrado con

cartón, luego fue forrado con plástico polietileno, donde se adiciono de 15 litros de agua y abono líquido-biol.

b. Adecuación de Tecnopor, vasitos y esponjas

Se utilizó 4 planchas de 120x240 cm, con un espesor de 2.5 cm, los cuales fueron cortados a la medida de 48x38 cm, teniendo 180 unidades, luego se perforó los 6 orificios a medida del vasito en cada plancha, para las 180 plántulas. Se utilizó vasitos y esponja para sujetar las plántulas para que no se sumerjan. La herramienta cortadora de Tecnopor casero, se utilizó para realizar los agujeros en la plancha de Tecnopor y los cilindros de esponja tuvieron la medida del vasito (4x4 cm), se hizo un corte vertical de la mitad de cilindro de esponja para colocar la plántula y después a los vasitos.

c. Instalación del sistema hidropónico para el cultivo de hortalizas

Ya preparado los materiales necesarios, iniciamos con la instalación del sistema hidropónico, primero se acomodó las 56 bloquetas como andamios para el soporte de las cajas, seguidamente se colocó las cajas y con la ayuda de un nivel para medir la horizontalidad de las cajas, luego el agua y la abono líquido-biol, el Tecnopor y finalmente el vasito y esponja ya colocado las hortalizas (Anexo 7).

d. Oxigenación de agua para las hortalizas en hidroponía

La oxigenación se realizó mecánicamente, para lo cual, las planchas de Tecnopor fueron levantadas y utilizando una jarra de 600 ml, elevando el agua y dejando caer desde 40 cm de altura para generar burbujas, para romper la superficie del agua, se realizó diariamente, por las mañanas y por las tardes, ese mecanismo ayudó también remover el sedimento de la abono líquido-biol (Anexo: Figura 10).



e. Monitoreo de parámetros de calidad de agua

El monitoreo de pH, Oxígeno Disuelto (OD) mg/L, Conductividad Eléctrica (CE) $\mu\text{S}/\text{cm}$, Sólidos Disueltos Totales (TDS) ppm, salinidad PSU y temperatura $^{\circ}\text{C}$, se realizó cada 10 días, utilizando el equipo multiparámetro (HANNA HI9829), desde el trasplante final de cada hortaliza en el sistema hidropónico (Anexo 10).

f. Mediciones de las hortalizas (acelga, repollo y lechuga)

Para realizar el registro del crecimiento (altura y longitud de raíz) de acelga, repollo y lechuga, se midieron 3 plántulas por unidad experimental, el registro se realizó cada 10 días (Anexo 9, 2, 3 y 4).

- **Altura de la planta**

Se midieron con regla y cinta métrica cada 10 días para observar el crecimiento de las plantas. Se midió desde el cuello de la planta hasta el ápice de las hojas, se tomaron 3 plántula por unidad experimental y se expresa en centímetros.

- **Longitud de raíz**

Se midieron con regla y cinta métrica cada 10 días para observar el crecimiento de las plantas, desde el día de trasplante hasta la cosecha. Se midió desde el cuello de la planta hasta el ápice radicular de la raíz más larga, se tomaron 3 plántula por unidad experimental y se expresa en centímetros

- **Número de hojas**

Se realizó el conteo de hojas cada 10 días desde el día de trasplante definitivo hasta el día de la cosecha, para lo cual se tomó 3 plantas por unidad experimental.



- **Peso fresco total**

Se realizó en la cosecha final usando una balanza con 0.1 g de precisión y se expresa en gramos, para lo cual se pesó las 6 plántulas de cada unidad experimental, utilizando una balanza Modelo: EK5350 CAMRY (Anexo 12).

- **Peso fresco de hojas**

El peso de las hojas de las tres hortalizas (acelga, repollo y lechuga), se realizó el día de la cosecha, utilizando una balanza Modelo: EK5350 CAMRY

- **Peso fresco de raíz**

El peso de raíz de las tres hortalizas (acelga, repollo y lechuga), se realizó el día de la cosecha, utilizando una balanza Modelo: EK5350 CAMRY.

- **Peso fresco de talluelo**

El peso de talluelo de repollo y acelga, se realizó el día de la cosecha, utilizando la balanza Modelo: EK5350 CAMRY.

3.5.1.1. Variables de estudio

- **Variables independientes:** Dosis de biol (400, 600 y 800 ml)
- **Variables dependientes:** Altura (cm), número de hojas, biomasa de las tres especies (acelga, lechuga y repollo).

3.5.1.2. Análisis estadístico

Se realizaron los análisis estadísticos, aplicando análisis de varianza (ANDEVA) a nivel de alfa de $\alpha=0.05$ y aplicando la prueba de contraste de Tukey para determinar la diferencia altura de la planta (cm), longitud de raíz (cm) y biomasa (mg), Kruskal Wallis para comparar la diferencia de número de hojas, utilizando el paquete estadístico Infostat 2020 con licencia.



3.5.2. Relación del crecimiento (cm) y el número de hojas de la acelga, lechuga y repollo, en relación a tiempo (días) de desarrollo.

3.5.2.1. Monitoreo de crecimiento de acelga, lechuga y repollo

Los registros del crecimiento de las tres hortalizas se realizaron cada 10 días, para lo cual se utilizó una regla de 30 cm, cinta métrica con capacidad de 5 metros de medición, también se registró número de hojas de las tres hortalizas (acelga, lechuga y repollo).

3.5.2.2. Mediciones de las hortalizas (acelga, repollo y lechuga)

Se utilizó la metodología del primer objetivo, para la medición de crecimiento (altura de planta y longitud de raíz) y número de hojas.

3.5.2.3. Variables de estudio

- **Variables independientes:** Dosis de biol (400, 600 y 800 ml) y tiempo
- **Variables dependientes:** Altura (cm), longitud de raíz (cm) y número de hojas de las tres especies (acelga, lechuga y repollo).

3.5.2.4. Análisis estadístico

Se aplicó regresión lineal para relacionar el crecimiento y número de hojas de las tres hortalizas (acelga, lechuga y repollo) en relación al tiempo, utilizando el paquete estadístico Infostat 2020 con licencia.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. COMPARACIÓN DEL CRECIMIENTO, NÚMERO DE HOJAS Y BIOMASA DE ACELGA, LECHUGA Y REPOLLO CON TRES DOSIS 800, 600 Y 400 ML DE BIOL, CONDICIONES HIDROPÓNICAS A NIVEL DE INVERNADERO.

4.1.1. Acelga (*Beta vulgaris*)

4.1.1.1. Altura de la planta (cm/planta)

La longitud de la raíz de acelga con mayor registro fue 43.16 cm en el T1:D1 con la aplicación de 400 ml/15 L de biol, seguido por el T0: Testigo con un registro de 39.58 cm, el T2:D3 con registro 36.19 cm, finalmente, el T3:D2 con registro de 25.33 cm. Altura de la acelga fue mayor en el T0:Testigo con la aplicación de solución química 5 ml/l, con un registro 36.65 cm, seguido por el T3:D3 donde se aplicó 800 ml/15 L con un registro 23.29 cm, el T1:D1 con registro 21.07 cm, finalmente el T2:D2 donde se aplicó 600 ml/15 L de biol, con un registro 17.56 cm. Longitud de total de acelga fue mayor en el T3:D3 con la aplicación 800 ml/15 L de abono líquido-biol con un registro 58.49 cm, T0:Testigo donde se aplicó 5 ml/L de solución química con registro de 76.23 cm, el T1:D1 con la aplicación de 400 ml/15 L de abono líquido-biol 62.89 cm, finalmente el T2:D2 con la aplicación de 600 ml/15 L de biol, con registro 42.61 cm, durante 110 días (Figura 5).

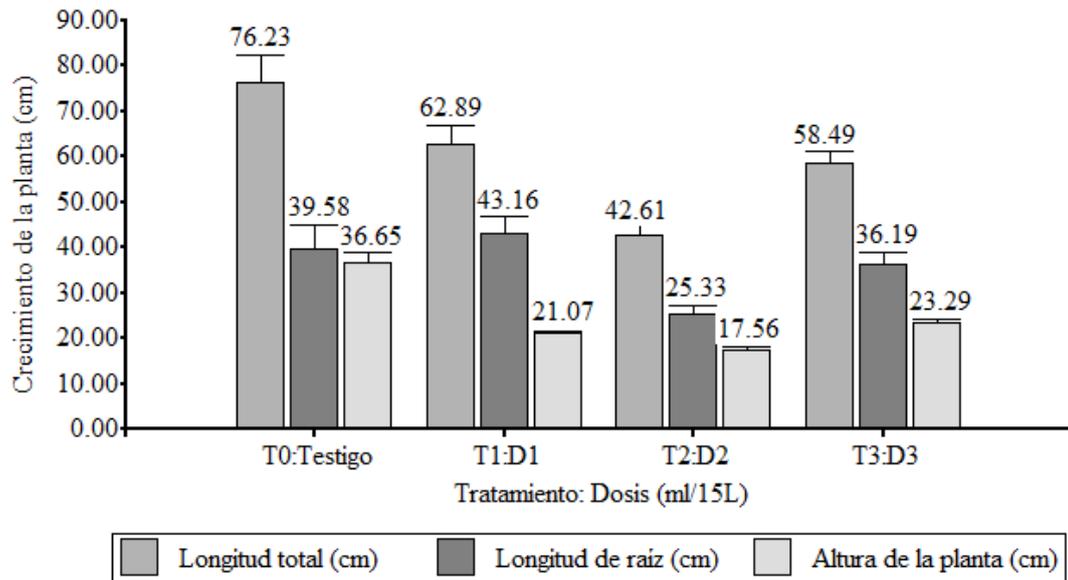


Figura 5. Promedio y error estándar de crecimiento de la acelga en diferentes tratamientos (T0:Testigo, T1:D1, T2:D2 y T3:D3), n=60.

El análisis de comparación de variables del crecimiento de acelga por efecto de la aplicación de abono líquido – biol de diferentes dosis (400, 600 y 800 ml/15 L): en la longitud total de la acelga existe diferencia con $p=0.0133$, no existiendo diferencia entre los promedios de T0:Testigo, T1:D1 y T3:D3. Mientras que en la variable de longitud e la raíz también presentó diferencia con $p=0.0012$, siendo T2:D2 con menor promedio en relación a los demás tratamientos. Finalmente, en la altura de la planta presentó una diferencia significativa con $p=0.0001$, donde el T0:Testigo presentó mayor promedio con 36.65 cm con la aplicación se solución química, mientras T3:D3 con la aplicación 800 ml/15 L de abono líquido-biol con mayor promedio con 23.39 cm siendo similar al T1:D1 (Tabla 6).

Tabla 6. Análisis de prueba de contraste de Tukey para las variables de acelga; longitud de raíz y total, altura de la planta.

Tratamiento	Variables de crecimiento					
	Longitud total (cm)	E.E.	Longitud de raíz (cm)	E.E.	Altura de planta (cm)	E.E.
T0:Testigo	76.23 a	5.38	39.58 b	5.20	36.65 a	1.46
T1:D1	62.89 a	3.11	43.16 b	3.00	21.07 b	0.84
T2:D2	42.61 b	3.11	25.33 a	3.00	17.56 c	0.84
T3:D3	58.49 a	3.11	36.19 b	3.00	23.29 b	0.84

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

EL crecimiento de acelga respecto a la longitud de raíz fue mayor en el T1:D1 donde se aplicó 400 ml/15 L de abono líquido-biol, con registro de 43.16 cm, siendo similar con lo obtenido por Flores (2020), con la aplicación de solución hidropónica La Molina entre 24.07 a 45.28 cm, además, registró 41.44 a 43.78 cm de altura de planta en promedio. Sin embargo, la aplicación de aminofol fue superior 45.53 a 59.60, con respecto a la altura de planta de 49.80 a 61.27 cm (Cruz, 2016), con respecto a la altura de planta de acelga fue entre 17.59 a 23.29 con la aplicación de abono líquido-biol. Probablemente el crecimiento de acelga fue menor debido a los cambios bruscos en los parámetros ambientales (Hoyos *et al.*, 2005), ya que la temperatura en los meses octubre, noviembre, diciembre y enero, se registró una temperatura mínima entre 6 y 7 °C en promedio, mientras que la temperatura máxima varió entre 32 y 36 °C.



4.1.1.2. Biomasa por planta

El peso de la raíz fresca de acelga fue mayor en el T0:Testigo donde se aplicó 5 ml/L de solución química, obteniendo un promedio de 7.00 g/planta, seguido por el T3:D3 donde se aplicó 800 ml/15 L de abono líquido-biol, con promedio de 6.28 g/planta, mientras que en el T1: D1 con la aplicación de 400 ml/15 L de solución nutritiva orgánica se obtuvo un registro de 5.28 g, y finalmente con un registro menor fue el T2:D2 con la aplicación de 600 ml/15 L de abono líquido-biol con 4.44 g/planta.

El peso de hoja fresca de la acelga fue mayor en el T0:Testigo con la aplicación de solución química 5 ml/L, donde se obtuvo un registro promedio 58.50 g/planta, seguido por el T3:D3 donde se aplicó 800 ml/15 L de abono líquido-biol, el T1:D1 donde se aplicó 400 ml/15 L de biol tuvo un registro de 11.56, y finalmente T2:D2 con la aplicación de 600 ml/15 L de abono líquido-biol. La biomasa de la acelga fue mayor en T0:Testigo con un promedio de 65.50 g/planta, seguido por el T3:D3 con un registro de 19.11, el T1:D1 un valor de 16.61 g/planta y finalmente el T2:D2 con un registro de 11.67, obtenido durante 110 días (Figura 6).

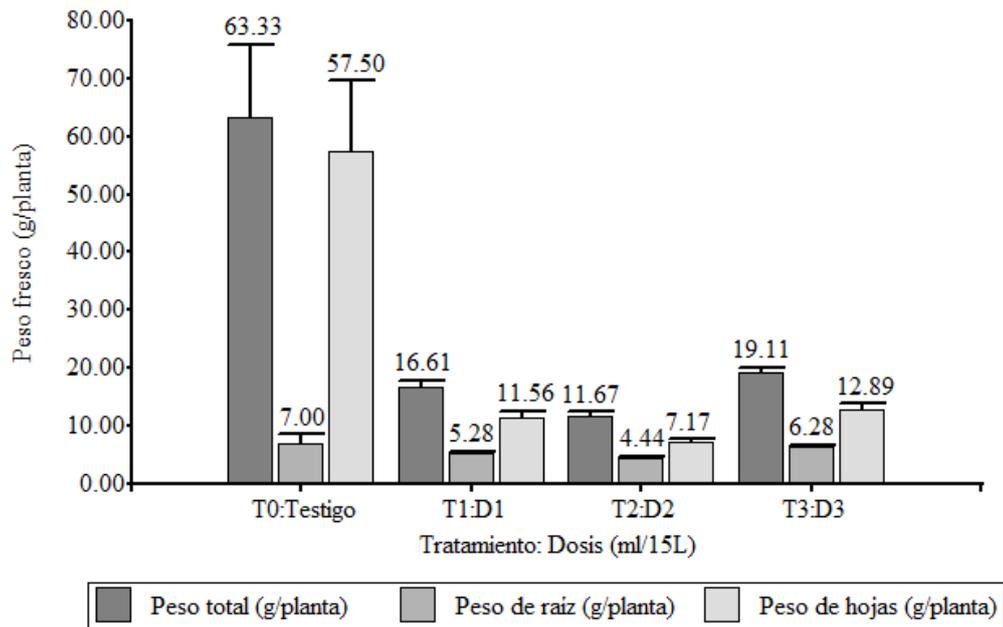


Figura 6. Promedio y error estándar del peso fresco de la acelga en diferentes tratamientos (T0:Testigo, T1:D1, T2:D2 y T3:D3) n=60.

El peso de planta de acelga fue mayor con la aplicación de solución química con 63.33 g/planta, sin embargo, fue mucho menor el peso de la planta con la aplicación de abono líquido-biol, siendo, inferior a los obtenido por Flores (2020), con un registro entre 85 a 243.61 g/planta con la aplicación de solución hidropónica La Molina.

Según el análisis realizado existe diferencia en las variables de peso total, peso estudiadas entre los tratamientos. Biomasa de acelga presentó diferencia con $p=0.0001$, con mayor peso promedio fue T0:Testigo con 63.33 g/planta. Sin embargo, con la aplicación de abono líquido-biol de 400 y 800 ml/15 L se obtuvo mayor promedio. El promedio de peso de raíz entre los tratamientos existió diferencia con $p=0.0362$, en el variable de peso de hojas también hubo diferencia con $p=0.0001$, obteniendo un promedio mayor en el

T0:Testigo con 57.20 g/planta, con respecto a la aplicación de abono líquido-biol fue mayor el T3:D3 siendo similar T1:D1, (Tabla 7).

Tabla 7. Análisis de prueba Tukey para las variables de acelga peso total, peso de raíz y peso de hojas.

Tratamiento	Variable de peso					
	Biomasa (g/planta)	E.E.	Peso de raíz (g/planta)	E.E.	Peso de hojas (g/planta)	E.E.
T0:Testigo	63.33 a	4.12	7.00 a b	0.82	58.50 a	3.36
T1:D1	16.61 b	2.38	5.28 a b	0.47	11.56 c	2.23
T2:D2	11.67 c	2.38	4.44 a	0.47	7.17 b	2.23
T3:D3	19.11 a b	2.38	6.28 b	0.47	12.89 c	2.23

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

4.1.1.3. Número de hojas/planta

El resultado de número de hojas por planta fue mayor en T3:D3 con la aplicación de 800 ml/15 L de abono líquido-biol, seguido por T0:Testigo con un promedio de 9.67 hojas/planta con la aplicación de solución química (5 ml/L), en el T2:D2 registra un promedio de 9.61 hojas/planta, finalmente, T1:D1 con la aplicación de 400 ml/15 L con un promedio de 9.06 hojas/planta, obtenido durante 110 días (Figura 7).

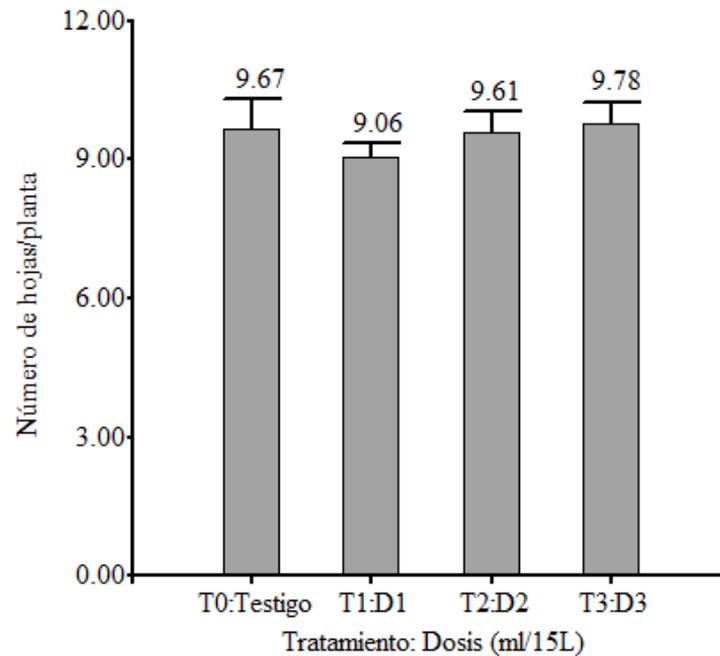


Figura 7. Promedio de número de hojas por planta de la acelga con la aplicación de solución química y abono líquido-biol de diferentes dosis (400, 600 y 800 ml/15 L), n=60.

El número de hojas de acelga fue similar tanto con la aplicación de abono líquido-biol y solución química con un promedio de 9.06 a 9.78 hojas por planta, siendo similar con los resultados obtenido por Coila (2017) donde aplicó estiércol de ovino, por otro lado, con la aplicación de aminofol obtuvo 8.27 a 10.47 hoja/planta (Cruz, 2016). Sin embargo, con la aplicación de solución hidropónica La Molina se obtuvo entre 16 a 25.67 hojas/planta (Flores, 2020).

Según el análisis estadístico realizado para la comparación de número de hojas por planta no hay diferencia entre los tratamientos con $p=0.5800$ el T0:Testigo con la aplicación de solución química, T1:D1, T2:D2 y T3:D3 son los tratamientos con diferentes dosis abono líquido-biol preparado a base de estiércol de cuy 400, 600 y 800 ml/15 L respectivamente (Tabla 8).

Tabla 8. Comparación la variable número de hojas de la acelga con la aplicación de solución química y abono líquido-biol de diferentes dosis (400, 600 y 800 ml/15 L).

Tratamiento	Medias	D.E.	GL	Hcal	p
T0:Testigo	9.67 a	1.63	3	1.89	0.5800
T1:D1	9.06 a	1.35			
T2:D2	9.61 a	1.91			
T3:D3	9.78 a	2.02			

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

4.1.2. Repollo (*Brassica oleracea L.*)

4.1.2.1. Altura de la planta (cm/planta)

La longitud total de repollo fue mayor en el T0:Testigo con la aplicación solución química 5 ml/L con un promedio 105.17 cm, seguido T5:D2 donde aplicó 600 ml/15 L de abono líquido-biol con un promedio de 52.44 cm, en el T6:D3 donde se aplicó 800 ml/15 L de abono líquido-biol fue el menor promedio registrado 51.61 cm. Con respecto a la variable longitud de raíz, fue mayor en T0:Testigo con un promedio 29.50 cm, seguido por T4:D1 con un promedio 12.58 cm y siendo el T6:D3 con un promedio 11.19 cm. Finalmente, en la altura de la planta fue mayor en T0:Testigo con 75.67 cm, seguido por T5:D2 con 52.44 cm y menor promedio el T1:D1 con 39.22 cm, obtenido en 110 días (Figura 8).

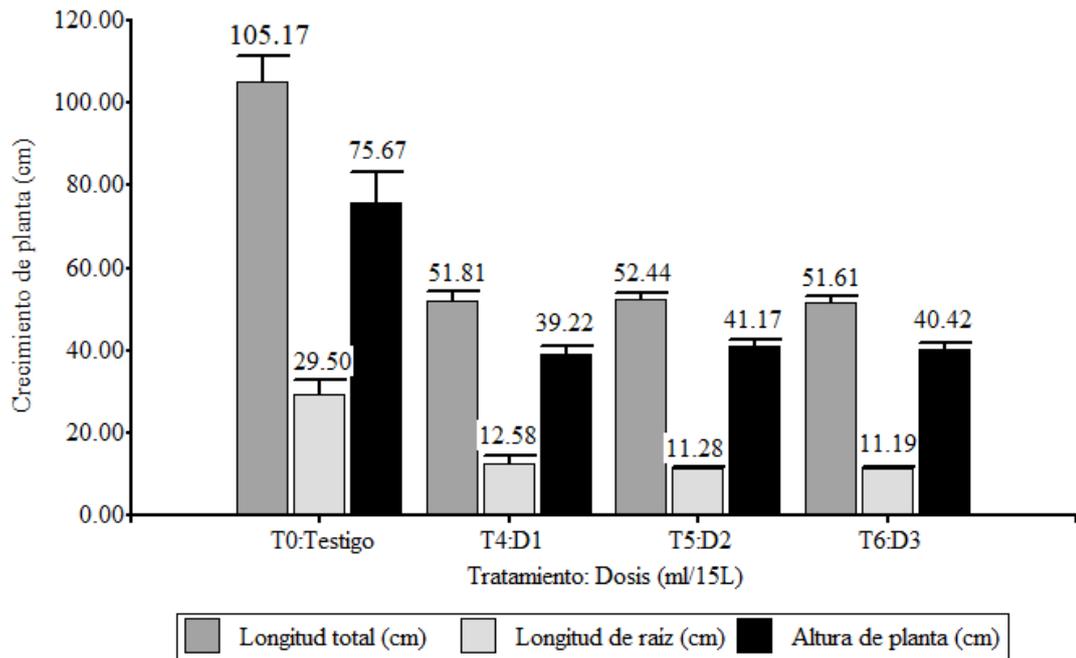


Figura 8. Promedio del crecimiento de repollo en diferentes tratamientos y error estándar T0:Testigo, T4:D1, T5:D2 y T6:D3), n=60.

La comparación de las variables, longitud total del repollo entre los tratamientos presentó diferencia con $p=0.0011$, sin embargo, esta diferencia es con respecto al T0:Testigo, mientras que el T4:D1, T5:D2 y T6:D3 no tienen diferencia los promedios son similares. De igual manera para la variable longitud de raíz existe diferencia con $p=0.0019$, aunque, esta diferencia es con respecto al T0:Testigo, mientras que el T4:D1, T5:D2 y T6:D3 no tienen diferencia los promedios son similares y finalmente la altura de planta presentó diferencia $p=0.0013$, sin embargo, esta diferencia es con respecto al T0:Testigo, mientras que el T4:D1, T5:D2 y T6:D3 no tienen diferencia, presentan promedios similares (Tabla 9).

Tabla 9. Comparación del crecimiento de repollo con la aplicación de solución química y abono líquido-biol de diferentes dosis (400, 600 y 800 ml/15 L).

Tratamiento	Variables de crecimiento					
	Longitud total (cm)	E.E.	Longitud de raíz (cm)	E.E.	Altura de planta (cm)	E.E.
T0:Testigo	105.17 a	3.80	29.50 a	2.03	75.67 a	3.40
T4:D1	51.81 b	2.20	12.58 b	1.17	39.22 b	1.96
T5:D2	52.44 b	2.20	11.28 b	1.17	41.17 b	1.96
T6:D3	51.61 b	2.20	11.19 b	1.17	40.42 b	1.96

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

El crecimiento del repollo, en 110 días presentó 105.17 cm de longitud total, mientras que, Palacios (2014) en 78 días, registró 9.3 a 50.3 cm de longitud de la raíz. Por otro lado, con la aplicación de cuyasa presentó una altura de plantas con 37.97 cm (Sangama, 2020), registros inferiores a este estudio. Por otro lado, la influencia de la temperatura y humedad en el crecimiento del repollo, pudo haber limitado el desarrollo de esta, debido a que es una especie que se desarrolla con temperaturas entre 15 a 20 °C y con alta humedad relativa (Palacios, 2014), sin embargo, en este estudio, la temperatura varió según los registros entre 6 a 30 °C, probablemente ese cambio brusco de la temperatura limitó el desarrollo adecuado del repollo.

4.1.2.2. Biomasa por planta

El promedio del peso de repollo fue mayor en el T0:Testigo donde se aplicó 5 ml/L de solución orgánica obteniendo 69.83 g/planta en el peso total, seguido por T6:D3 donde se aplicó 800 ml/15 L de abono líquido-biol con un

promedio de 25.56 g/planta y el T4:D1 con la aplicación de 400 ml/15 L de abono líquido fue el menor con 29.67 g/planta. El peso de la raíz fue mayor en el T5:D2 donde se aplicó 600 ml/15 L de abono líquido, y con menor promedio fue en el T4:D1 con 3.32 g/planta. Peso de hojas de repollo fue mayor en T0:Testigo con 36.67 g/planta, seguido por T6:D3 con un promedio de 13.33 g/planta y T4:D1 tuvo menor registro con 12.06 g/planta. Finalmente, el peso de talluelo con mayor promedio fue en el T0:Testigo con 29.67 g/panta, seguido T6:D3 y T5:D2 con 6.50 g/planta y con meno promedio el T4:D1 con 5.80 g/planta, obtenido en 110 días (Figura 9).

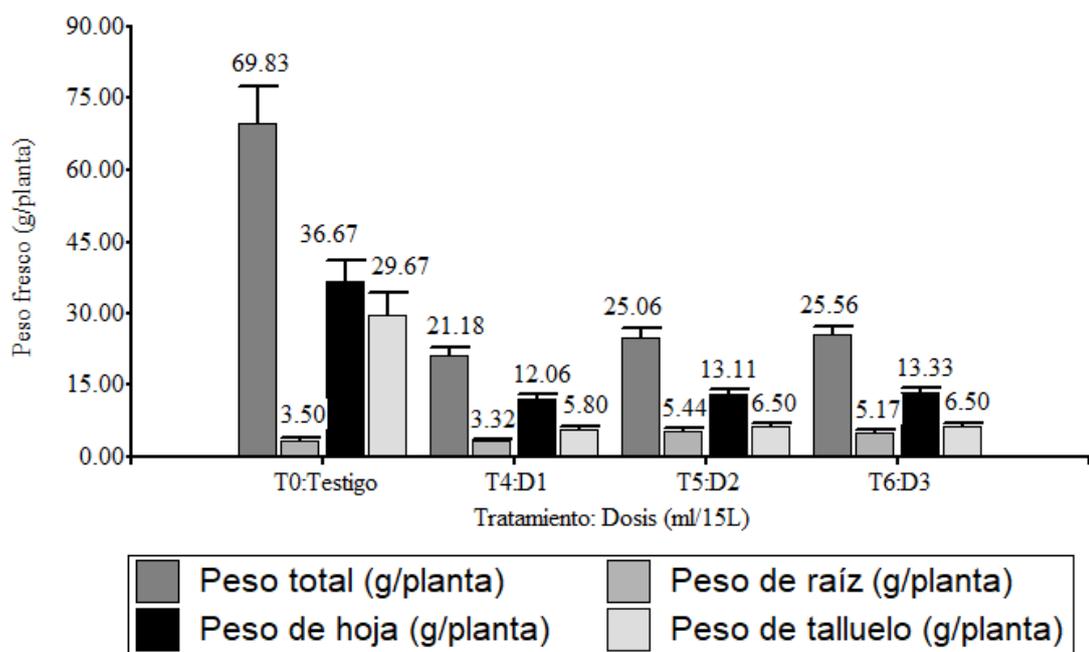


Figura 9. Promedio de peso fresco del repollo en diferentes tratamientos y error estándar (T0:Testigo, T7:D1, T8:D2 y T9:D3), n=60.

El análisis de comparación de los variables, el peso fresco total de repollo presentó una diferencia con $p=0.0004$, la diferencia es con respecto al T0:Testigo con la aplicación de solución química, sin embargo, T4:D1, T5:D2 y T6:D3 donde se aplicó abono líquido-biol de diferentes dosis no

presentaron diferencia. El peso de la raíz registra diferencia con $p=0.0088$ siendo diferente entre T0:Testigo con la aplicación de solución química y T4:D1, T5:D2 y T6:D3 con la aplicación de abono líquido-biol. El peso de hojas presentó diferencia con $p=0.0008$, donde el T0:Testigo con la aplicación de solución química fue diferente a los demás tratamientos, sin embargo, el T4:D1, T5:D2 y T6:D3 donde se aplicó diferentes dosis de abono líquido no presentaron diferencia. Finalmente, con respecto al análisis de comparación del peso de talluelo de repollo registro diferencia con $p=0.0008$, la diferencia fue frente al T0:Testigo, donde se aplicó solución química, sin embargo, el T4:D1, T5:D2 y T6:D3 donde se aplicó abono líquido-biol con diferentes dosis no presentaron diferencia (Tabla 10).

Tabla 10. Comparación de medias; peso total, raíz, hojas y talluelo del repollo con la aplicación de solución química y abono líquido-biol de diferentes dosis (400, 600 y 800 ml/15 L)

Tratamiento	Variables de peso							
	Biomasa (g/planta)	E.E.	Peso de raíz (g/planta)	E.E.	Peso de hojas (g/planta)	E.E.	Peso de talluelo (g/planta)	E.E.
T0: Testigo	69.83 a	3.81	3.50 b	0.80	36.67 a	2.17	29.67 a	1.69
T4:D1	21.18 b	2.20	3.32 b	0.46	12.06 b	1.25	5.80 b	0.97
T5:D2	25.06 b	2.20	5.44 a b	0.46	13.11 b	1.25	6.50 b	0.97
T6:D3	25.56 b	2.20	5.17 a	0.46	13.33 b	1.25	6.50 b	0.97

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

4.1.2.3. Número de hojas

El número de hojas del repollo tuvo mayor registro en el T0:Testigo con un promedio de 17.50 hojas/planta, seguido por el T6:D3 donde se aplicó 800 ml/15 L de abono orgánico-biol, el T4:D1 con la aplicación de 400 ml/15 L de abono líquido-biol con 13.67 hojas/planta y finalmente, el T5:D2 con la aplicación de 600 ml/15 L de abono líquido-biol con menor promedio 13.61 hojas/planta, obtenido en 110 días (Figura 10).

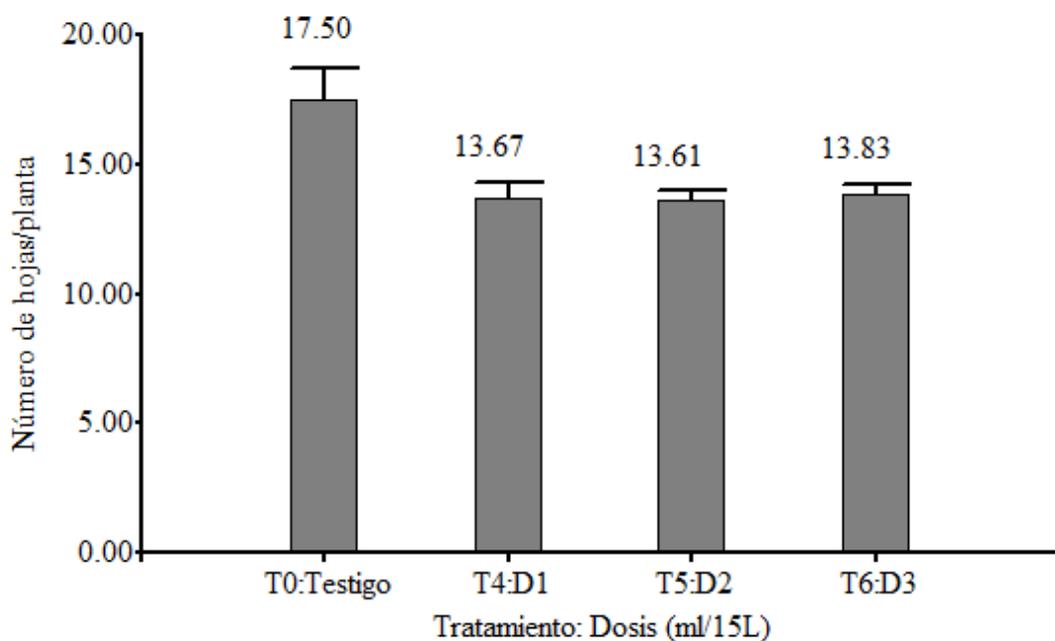


Figura 10. Promedio y desviación estándar de número de hojas por planta de repollo con la aplicación de solución química y abono líquido-biol de diferentes dosis (400, 600 y 800 ml/15 L), n=60.

El número de hojas de repollo por efecto de la aplicación de solución química y abono líquido-biol existe diferencia con $p=0.0208$, sin embargo, por efecto de la aplicación de abono líquido-biol a diferentes dosis (400, 600 y 800 ml/15 L) no presentaron diferencias (Tabla 11).

Tabla 11. Comparación de número de hojas de repollo por efecto de la aplicación de solución química y abono líquido-biol de diferentes dosis (400, 600 y 800 ml/15 L)

Tratamiento	Medias	D.E.	GL	Hcal	p	
T0: Testigo	17.50	2.95	3	9.49	0.0208	b
T4:D1	13.67	2.79				a
T5:D2	13.61	1.58				a
T6:D3	13.83	1.65				a

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

El repollo en este estudio en 110 días presentó 13.61 a 17.50 número de hojas/ planta en promedio, por otro lado, en 78 días, el número de hojas se reflejan en el tamaño fue entre 6 a 12 hojas por planta (Palacios, 2014).

4.1.3. Lechuga (*Lactuca sativa* L.)

4.1.3.1. Altura de la planta

La lechuga presentó 41.43 cm de altura en el T0:Testigo, con la aplicación de solución química (5 ml/L), seguido con 32.78 cm del T8:D1 con aplicación de 400 ml/15 L de abono líquido-biol, el T2:D2 con una aplicación de 600 ml/15ml de abono líquido-biol, con un registro 31.74 cm. Mientras que, se registró una menor altura en el T9:D3 con un valor de 28.66 cm, con una aplicación de 800 ml/15 L de abono líquido-biol. La longitud de raíz de la lechuga fue mayor en T7:D1 donde se aplicó 400 ml/15 L de abono líquido-biol se obtuvo un registro de 24.95 cm, seguido por el T0:Testigo con

aplicación de 5 ml/L de solución nutritiva química con un registro 20.88 cm. Mientras que, el T8:8D2 se registró 17.61 cm, donde se aplicó 600 ml/15 L de abono líquido-biol y finalmente, el T9:D3 con un registro menor de 14.87 cm, donde se aplicó 800 ml/15 L de abono líquido-biol. La longitud total de lechuga fue mayor en el T0:Testigo con un registro 61.00 cm con la aplicación de solución química 5ml/L, seguido T7:D1 donde se aplicó 400 ml/15 L de abono líquido-biol, y con un registro menor del T9:D3 donde se aplicó 800 ml/15 L de abono líquido-biol, con registro de 40.58 cm de longitud total, resultados obtenidos durante 50 días por la aplicación de solución química y 80 días con la aplicación de abono líquido-biol (Figura 11).

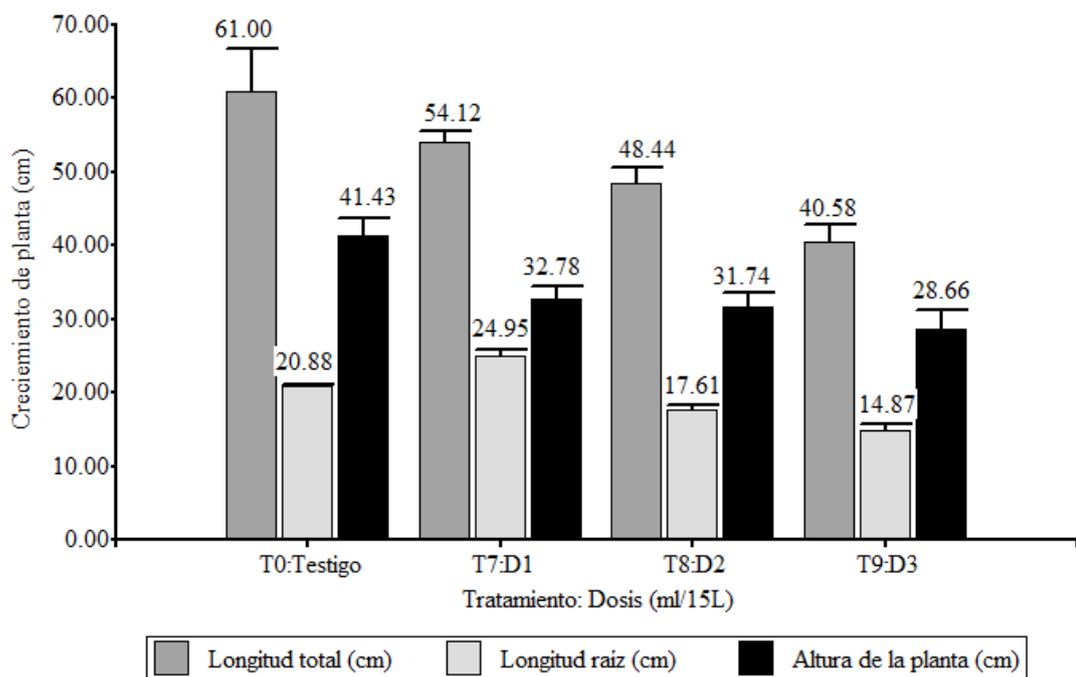


Figura 11. Promedio y error estándar del peso fresco de la lechuga en diferentes tratamientos (T0:Testigo, T:D1, T5:D2 y T6:D3), n=60.

La lechuga presentó mayor altura 41.67 cm con la aplicación de solución química, seguido por la aplicación de 400 ml/15 L de abono líquido-



biol con 32.78 cm, siendo superior a los registros obtenidos por Pomboza *et al.* (2016) donde aplicaron 6 % de biol cada 7 días, registraron 10 a 15.87 cm en promedio de altura de la planta. Con la aplicación de otras soluciones orgánicas a base de ladrillo presentó una altura de 17.94 a 18.97 cm (Arcos *et al.*, 2011), por otro lado, la longitud de raíz con la aplicación de biol presentó 17.89 cm en promedio, altura de planta 33.04 cm (Vecilla, 2022), y con la aplicación de 750 ml/200L de biol se registró un valor de 9 cm de longitud de raíz, mientras que, con la aplicación de 1000 ml/200L de biol registro mayor altura de planta con 26.92 cm en promedio (Gálvez *et al.*, 2019).

La lechuga tuvo un crecimiento adecuado, ya que puede desarrollarse en temperaturas bajas, mientras que la temperatura media optima es entre 15 a 20 °C (Japon, 1977), por lo que, en este estudio el invernadero presentó temperaturas entre 6 a 36 °C, con una temperatura media de día entre 19 a 25 °C.

El crecimiento de la lechuga con la aplicación de abono liquido(biol), presentó diferencia entre los tratamientos con $p= 0.0001$ en la longitud total de la planta, asimismo, existió diferencia significativa en la longitud de raíz con $p= 0.0001$, finalmente, existió una diferencia significativa en la altura de planta (desde el cuello hasta ápice de la hoja) con $p=0.0276$, siendo el T0:Testigo con mayor crecimiento en los variables de longitud total y altura de planta, sin embargo, con mayor registro en la variable longitud de raíz se tuvo en el T7:D1 (Tabla 12).

Tabla 12. Análisis de prueba de contraste de Tukey para la variable número de hojas de la lechuga con la aplicación de solución química y abono líquido-biol de diferentes dosis (400, 600 y 800 ml/15 L).

Tratamiento	Variables de crecimiento					
	Longitud total (cm)	E.E.	Longitud de raíz (cm)	E.E.	Altura de la planta (cm)	E.E.
T0:Testigo	61.00 a	3.79	20.88 b	1.38	41.67 a	3.56
T7:D1	54.12 a b	2.19	24.95 a	0.79	32.78 a b	2.06
T8:D2	46.44 b c	2.19	17.61 b c	0.79	31.74 b	2.06
T9:D3	40.58 c	2.19	14.87 c	0.79	28.66 b	2.06

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

4.1.3.2. Biomasa por planta

Peso fresca total obtenida fue mayor en el T0:Testigo con un registro de 81.33 g/planta en promedio, donde se aplicó una solución química de 5ml/L, seguido por T7:D1 con un registro de 33.50 g/planta en promedio, donde se aplicó 400 ml/15 L de abono líquido-biol, en el T8:D2 se registró 27.67 g/planta, con la aplicación de 600 ml/15 L de abono líquido-biol, finalmente, con menor registro fue en el T9:D3 con un valor de 27.22 g/planta con aplicación de 800 ml/15 L de abono líquido-biol. El peso de raíz de la lechuga fue mayor en el T1:D1 con un registro de 11.11 g/planta, seguido por T0: testigo con un registro de 9.33 g/planta, en el T3:D3 con registro 8.82 g/planta con la aplicación de 800 g/planta, finalmente, T2:D2 con registro de 8.08 g/planta. El peso de hoja fresca de la lechuga fue mayor en el T0:Testigo

con un registro de 41.67 g/planta, seguidamente por el T7:D1, con un registro de 15.39 g/planta, en el T9:D3 se registró 13.97 g/planta, donde se aplicó 800 ml/15 L, finalmente, el T8:D2 con un registro menor 13.02 g/planta. El desarrollo del talluelo en la lechuga fue mayor en el T0:Testigo con un registro de 16.67 g/planta, seguido del T7:D1 con un registro de 6.56 g/planta, mientras que, el T8:D2 se registró 4.57 g/planta, finalmente T9:D3 con un registro de 4.17 g/planta, resultados obtenidos durante 50 días con la aplicación de solución química y 80 días con la aplicación de abono líquido-biol (Figura 12).

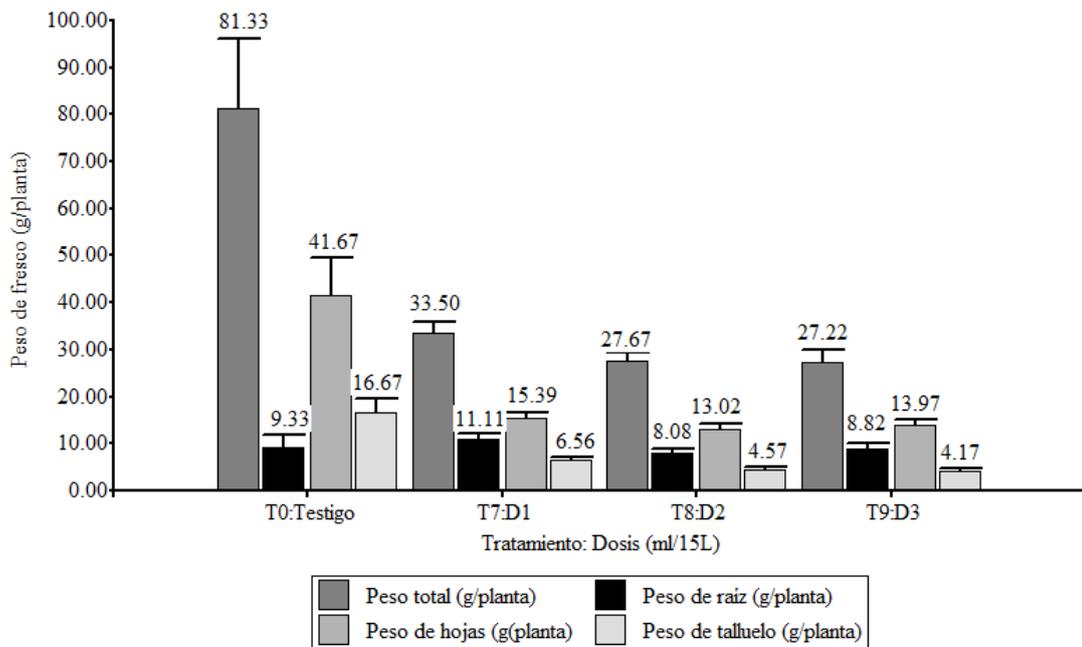


Figura 12. Promedio y error estándar del peso fresco de la lechuga en diferentes tratamientos y error estándar (T0:Testigo, T7:D1, T8:D2 y T9:D3), n=60.

El peso de la hoja de lechuga fue mayor con la aplicación de solución química con 41.69 g/planta, por la aplicación de solución orgánica fue mejor el T7:D1 donde se aplicó 400 ml/15 L de abono líquido-biol, siendo los



registros inferiores a los obtenidos por Gálvez *et al.* (2019), que obtuvo un registro de 165.83 g,

El análisis de comparación de las variables, peso fresco total de lechuga presentó una diferencia con $p=0.0038$, frente al T0:Testigo con la aplicación de solución química, sin embargo, los T7:D1, T8:D2 y T9:D3 con la aplicación de abono líquido-biol presentaron promedios similares. En relación del peso de raíz, entre los tratamientos (T0:Testigo, T7:D1, T8:D2 y T9:D3) no existe diferencia con $p= 0.2836$. El peso de hojas de lechuga presentó diferencia con $p=0.0013$, respecto al T0:Testigo con la aplicación de solución química, sin embargo, los T7:D1, T8:D2 y T9:D3 con la aplicación de abono líquido-biol presentaron promedios similares. El desarrollo del talluelo de lechuga fue mayor con la aplicación de solución química (T0:Testigo), por lo que el peso de talluelo fue diferentes con $p= 0.0001$, sin embargo, el T8:D2 y T9:D3 con la aplicación de abono líquido-biol presentaron promedios similares (Tabla 13).

Tabla 13. Comparación de las variables: peso total, raíz, hojas y talluelo de la lechuga por efecto de la aplicación de solución química y abono líquido- biol de diferentes dosis (400, 600 y 800 ml/15 L).

Tratamiento	Variables de peso							
	Biomasa (g/planta)	E.E.	Peso de raíz (g/planta)	E.E.	Peso de hojas (g/planta)	E.E.	Peso de talluelo (g/planta)	E.E.
T0: Testigo	81.33 a	5.86	9.33 a	1.81	41.67 a	3.12	16.67 a	1.26
T7:D1	33.50 b	3.39	11.11 a	1.04	15.39 b	1.80	6.56 b	0.73
T8:D2	27.67 b	3.39	8.08 a	1.04	13.02 b	1.80	4.57 c	0.73
T9:D3	27.22 b	3.39	8.82 a	1.04	13.97 b	1.80	4.17 c	0.73

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

4.1.3.3. Número de hojas

El número de hojas de la lechuga fue mayor en el T0: Testigo con un registro de 18.33 hojas/planta, con la aplicación de solución nutritiva inorgánica de 5ml/L, seguido por el T7:D1 donde se aplicó 400 ml/15 L de abono líquido-biol, finalmente T8:D2 y T9:D3 con la aplicación de 600 y 800 ml/15 L de abono líquido-biol, se obtuvo un registro igual en ambos tratamientos de 14.89 hojas/planta, resultados obtenidos durante 50 días con la aplicación de solución química y 80 días con la aplicación de abono líquido-biol (Figura 13).

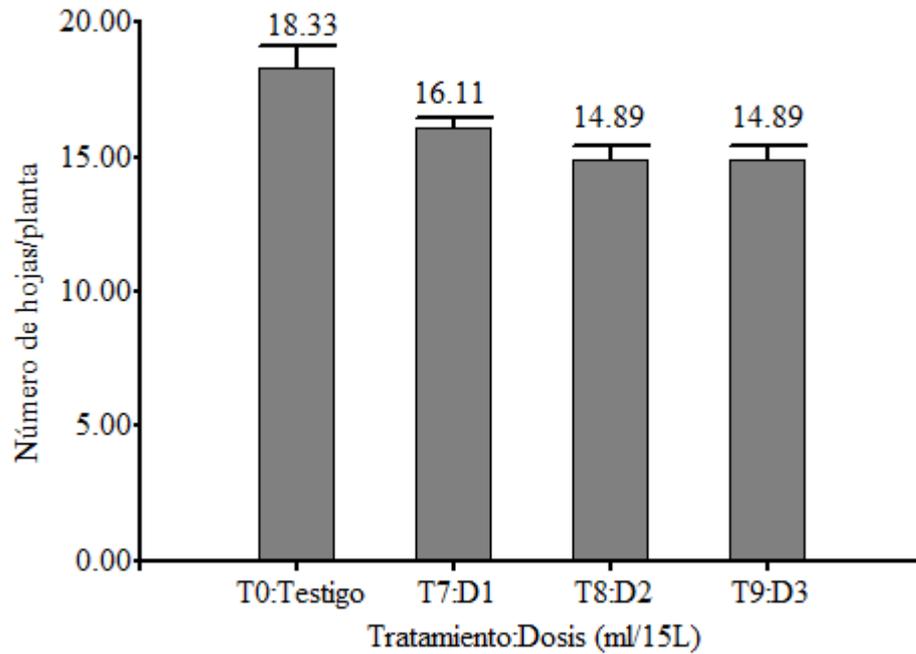


Figura 13. Promedio de número de hojas por planta de lechuga con la aplicación de solución química y abono líquido-biol de diferentes dosis y desviación estándar (400, 600 y 800 ml/15 L), n=60.

Según el análisis, existe diferencia entre los tratamientos en cuanto al número de hojas con $p=0.0036$, sin embargo los promedios del T0:Testigo donde se aplicó solución química (5ml/L) y T7:D1 donde se aplicó 400 ml/15 L de abono líquido-biol, los cuales resultaron similares, por otro lado, T8:D2 y T9:D3 también registraron promedios similares, con la aplicación de 600 y 800 ml/15 L de abono líquido-biol respectivamente (Tabla 14).



Tabla 14. Comparación de la variable número de hojas de lechuga con la aplicación de solución química y abono líquido- biol de diferentes dosis (400, 600 y 800 ml/15 L).

Tratamiento	Medias	D.E.	GL	Hcal	p
T0: Testigo	18.33 a	1.86	3	13.09	0.0036
T7:D1	16.11 ab	1.41			
T8:D2	14.89 b	2.08			
T9:D3	14.89 b	2.35			

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

Cabe indicar que las hortalizas investigadas en el sistema hidropónico, han sido producidas con aplicación de abono líquido orgánico (BIOL), que no crea dependencia de insumos ni tecnología al productor, sin embargo, la aplicación de solución química, si crea una dependencia de insumo y tecnología, además de producir hortalizas con residuos químicos. La novedad científica de esta investigación, está fundamentada en la aplicación de productos locales orgánicos de fácil acceso para el productor.



4.2. RELACIÓN DEL CRECIMIENTO (cm) Y EL NÚMERO DE HOJAS DE LA ACELGA, LECHUGA Y REPOLLO, EN RELACIÓN A TIEMPO (DÍAS) DE DESARROLLO.

4.2.1. Crecimiento de la acelga en relación al tiempo

Hubo una tendencia positiva de aumento de la altura de planta, número de hojas y longitud de raíz en Tratamiento testigo (T0:Testigo) en relación con el tiempo (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 y 110 días). El coeficiente de regresión para la altura de planta fue: $R^2 = 0,83$; $Y = (2.87) + (0.33) X$, para el número de hojas fue: $R^2 = 0.60$; $Y = 3.76) + (0.06)X$, mientras que para la longitud de raíz el coeficiente de regresión fue menor con: $R^2 = 0,42$; $Y = (11.51) + (0.29)X$, esto indica que el crecimiento de raíz no tuvo un incremento significativo que fue influenciado con los parámetros de calidad e agua (Figura 14).

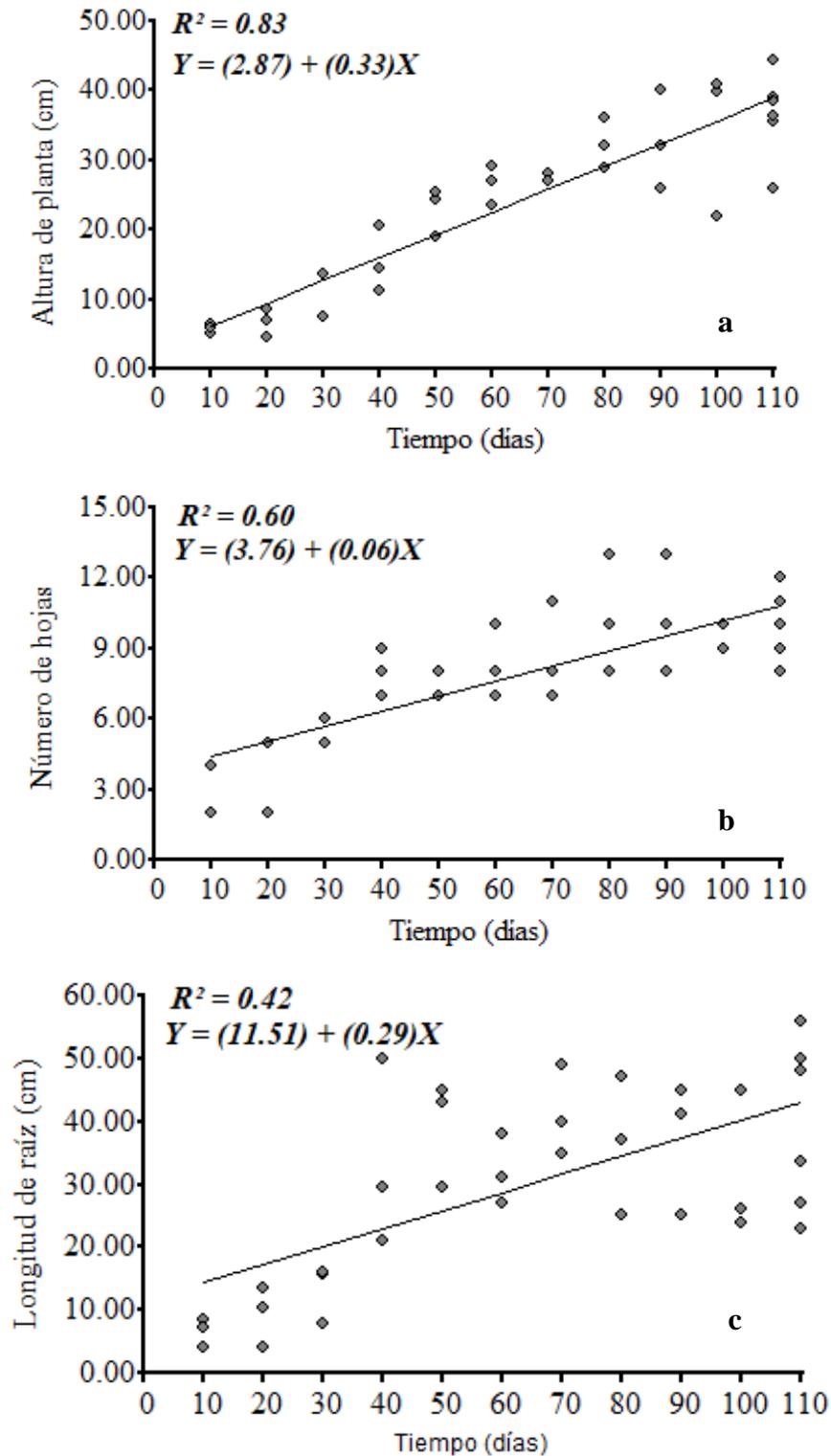


Figura 14. Crecimiento de acelga (cm) y número de hojas con la aplicación de solución química a lo largo del tiempo; a. altura de planta; b. Número de hojas; c. Longitud de raíz, n=108.



Hubo una tendencia positiva significativa en el crecimiento de la acelga en el tratamiento 2 con la aplicación de 400 ml/15 L de abono líquido-biol (T1:D1) para incrementar la altura de planta, número de hojas y longitud de raíz en relación con el tiempo (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 y 110 días). El coeficiente de regresión para la longitud de raíz fue $R^2 = 0.60$; $Y = (2.26) + (0.37)X$, para la altura de planta fue: $R^2 = 0,83$; $Y = (3.16) + (0.16) X$, mientras que para el número de hojas el coeficiente de regresión fue: $R^2 = 0.60$; $Y = (3.77) + (0.05)X$ (Figura 15).

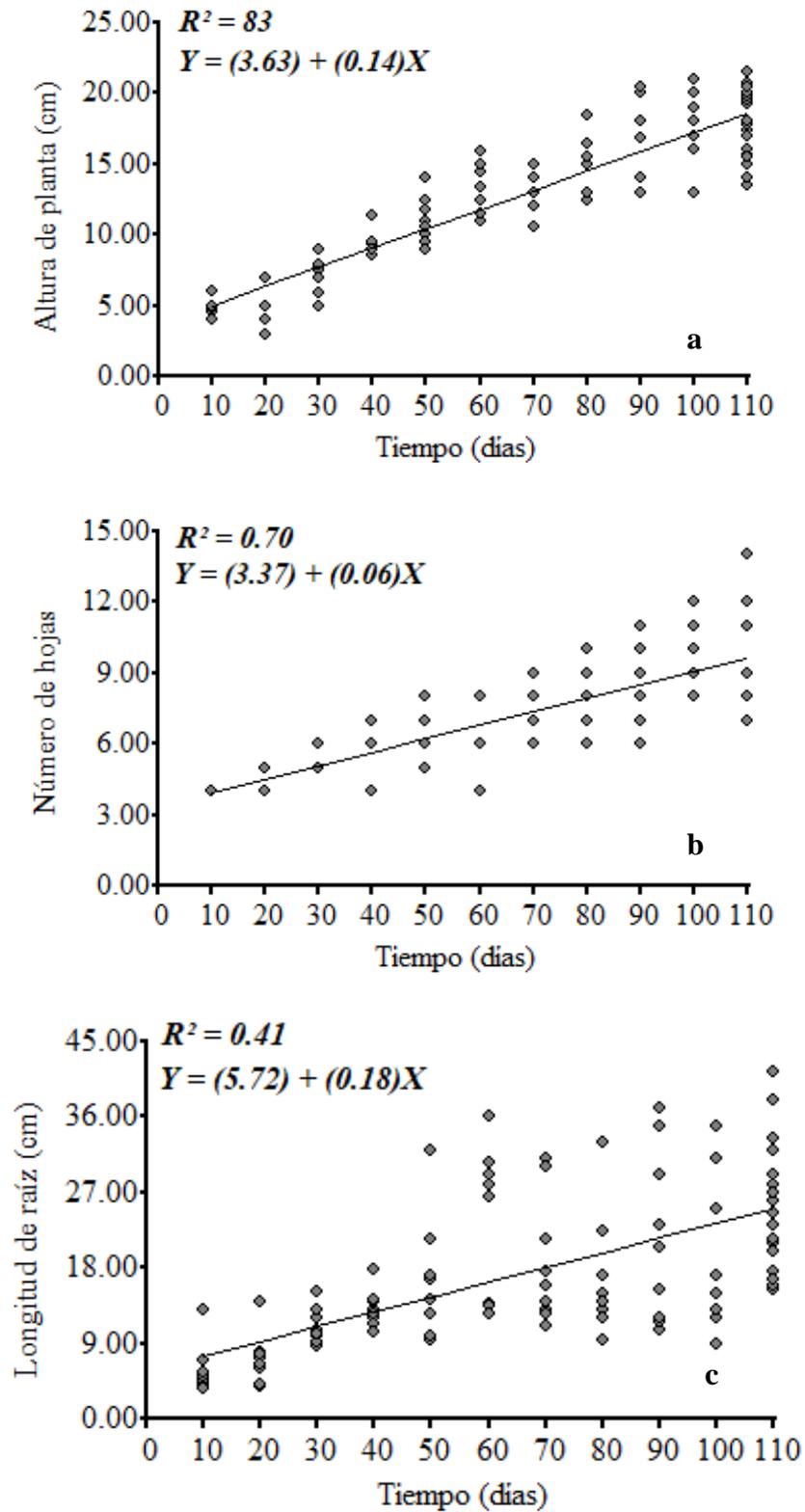


Figura 15. Crecimiento de acelga (cm) y número de hojas con la aplicación de 600 ml/15 L de abono líquido-biol a lo largo del tiempo; a. altura de planta; b. Número de hojas; c. Longitud de raíz, n=108.



Existe una tendencia positiva en el crecimiento de acelga en el tratamiento 3 con la aplicación de 800 ml/15 L de abono líquido-biol (T3:D3) para incrementar la altura de planta, número de hojas y longitud de raíz en relación con el tiempo (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 y 110 días). El coeficiente de regresión para la longitud de raíz fue; $R^2 = 0.56$; $Y = (0.19) + (0.30)X$, mientras que para la altura de planta fue: $R^2 = 0,8$; $Y = (1.30) + (0.21)X$, para el número de hojas el coeficiente de regresión fue: $R^2 = 0.73$; $Y = (3.64) + (0.06)X$ (Figura 16).

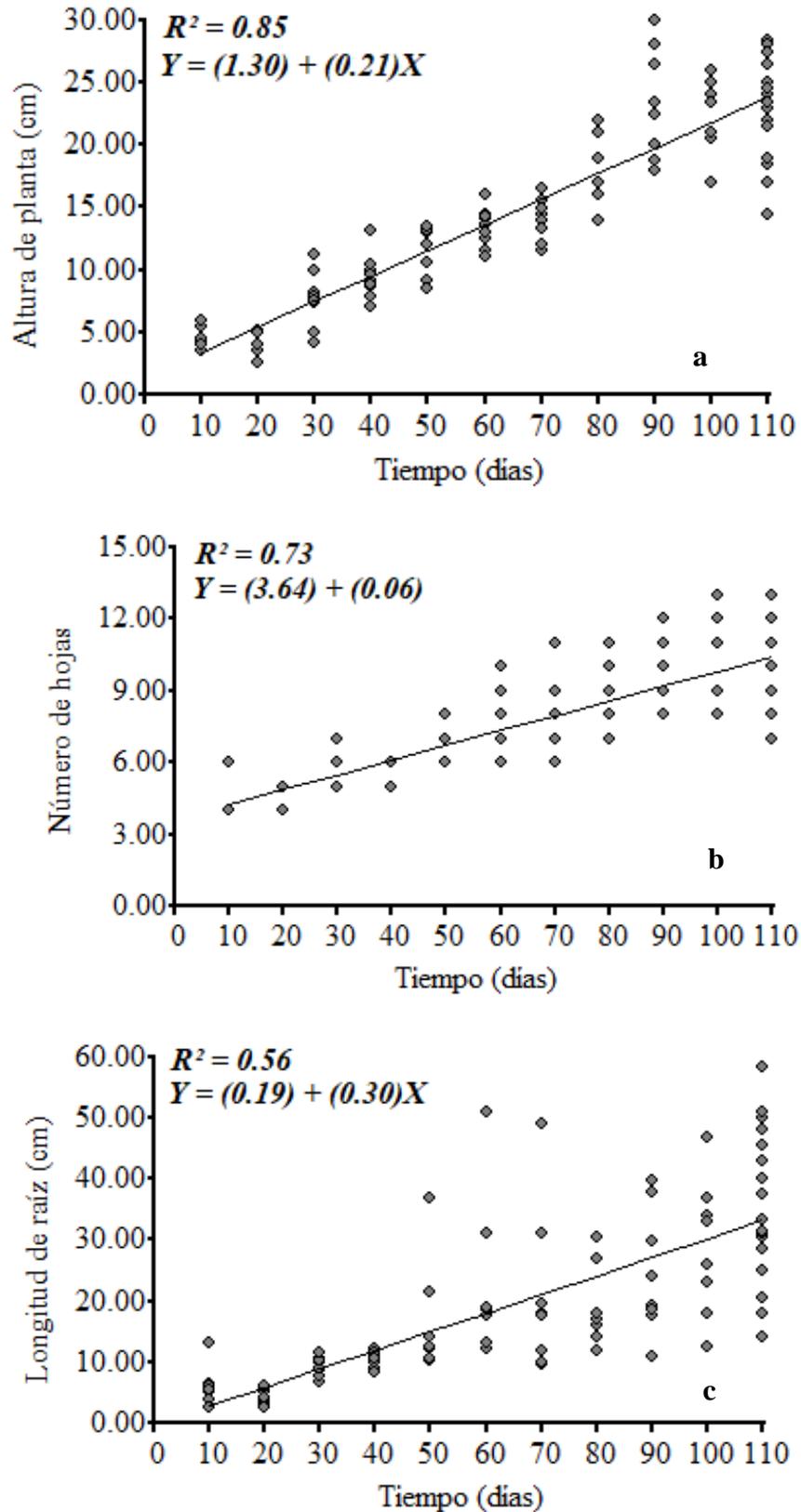


Figura 16. Crecimiento de acelga (cm) y número de hojas con la aplicación de 800 ml/15 L de abono líquido-biol a lo largo del tiempo; a. altura de planta; b. Número de hojas; c. Longitud de raíz, n=108.



El crecimiento vegetativo de acelga en este estudio fue en 110 días llegando a desarrollarse donde superó 30 cm de altura, sin embargo, fue menor a los días que cultivaron Hoyos *et al.* (2005) obteniendo el desarrollo de acelga en 125-130 días en condiciones extremas del entorno. Por otro lado, con la aplicación de solución La Molina el desarrollo fue en un tiempo de 76 días con condiciones favorables del ambiente (Flores, 2020).

4.2.2. Crecimiento de repollo en relación al tiempo

Hubo una tendencia positiva significativa en el crecimiento de acelga en el tratamiento testigo con la aplicación de 5 ml/L de solución química (T0: Testigo) para incrementar la altura de planta, número de hojas y longitud de raíz en relación con el tiempo (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 y 110 días). El coeficiente de regresión para la longitud de raíz fue menor con $R^2 = 0.38$ siendo no significativo el crecimiento de la raíz; $Y = (17.52) + (0.14)X$, mientras que para la altura de planta fue: $R^2 = 0,74$; $Y = (8.60) + (0.60)X$, para el número de hojas el coeficiente de regresión fue: $R^2 = 0.32$; $Y = (11.74) + (0.06)X$, siendo un crecimiento no significativo en relación al tiempo (Figura 17).

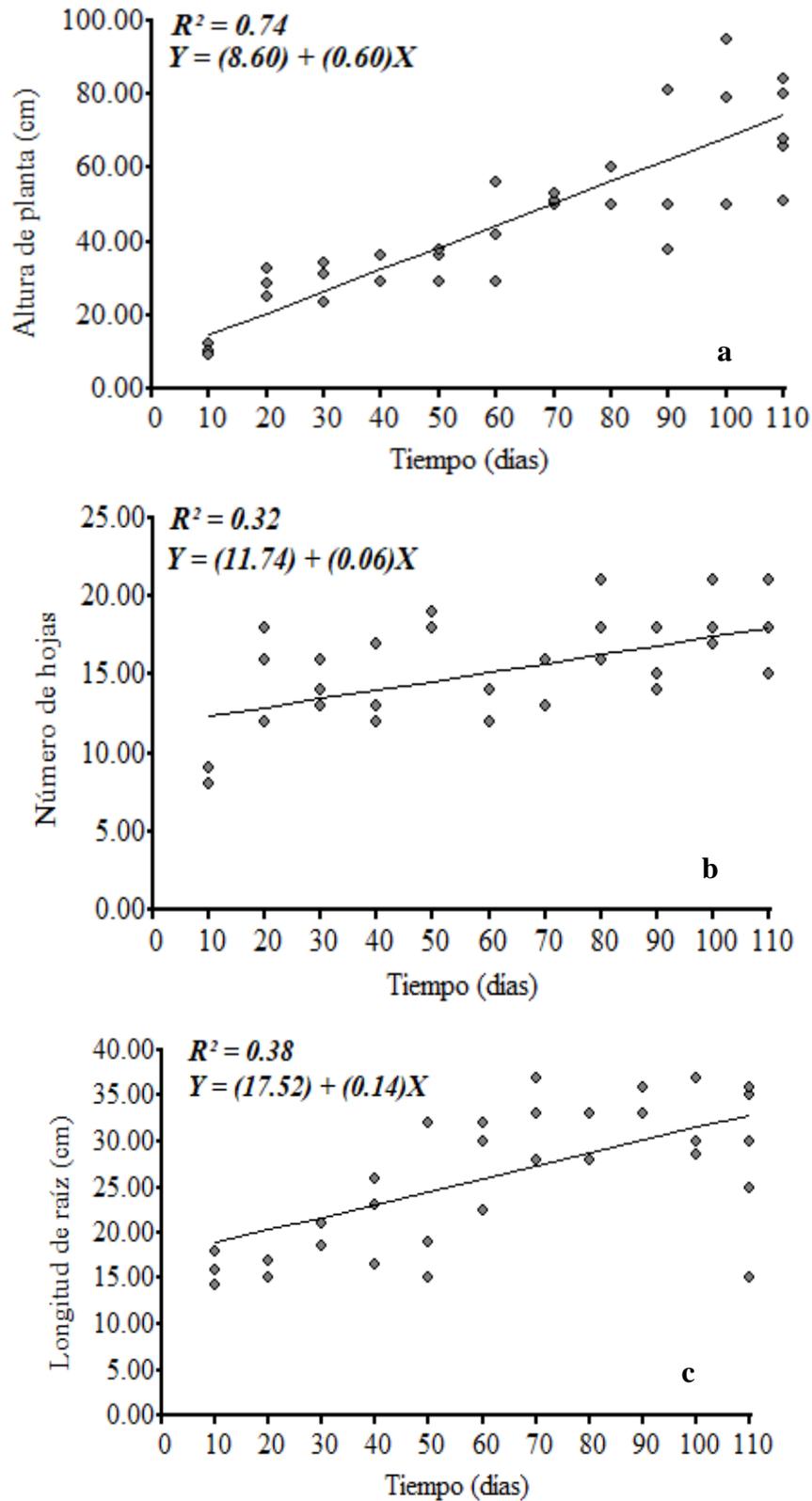


Figura 17. Crecimiento de repollo (cm) y número de hojas con la aplicación de 5 ml/L de solución química a lo largo del tiempo; a. altura de planta; b. Número de hojas; c. Longitud de raíz, n=108.



El crecimiento de repollo en el tratamiento 4 con la aplicación de 400 ml/15 L de abono líquido-biol (T4:D1) para incrementar la altura de planta, número de hojas y longitud de raíz en relación con el tiempo (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 y 110 días). El coeficiente de regresión para la longitud de raíz no fue significativa con $R^2 = 0.08$; $Y = (7.30) + (0.04)X$, asimismo, la regresión en relación al número de hoja no fue significativa con; $R^2 = 0.18$; $Y = (9.46) + (0.03)X$, mientras que el coeficiente de regresión positiva para la altura de planta fue: $R^2 = 0.57$; $Y = (17.73) + (0.19)X$ (Figura 18).

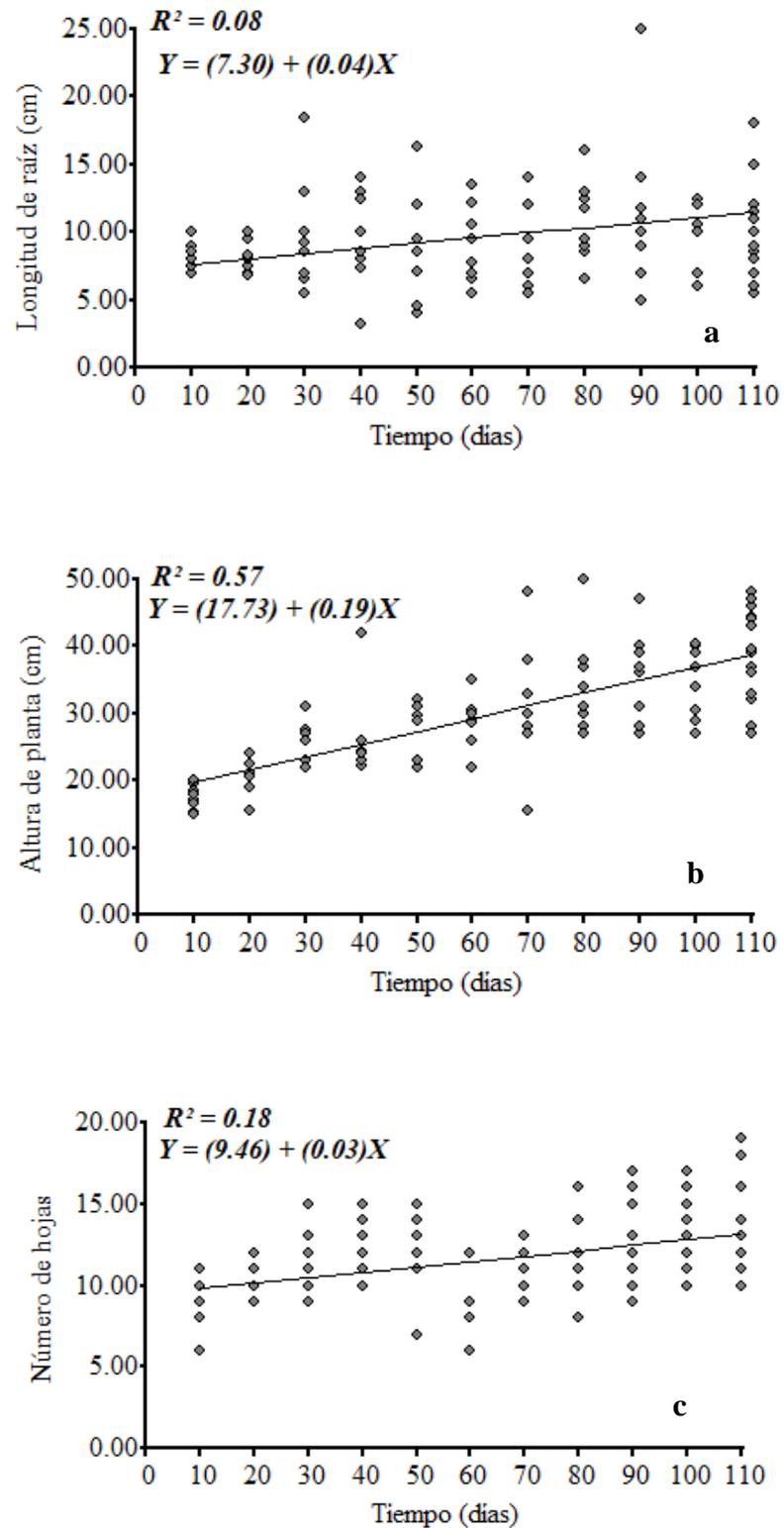


Figura 18. Crecimiento de repollo (cm) y número de hojas con la aplicación de 400 ml/15 L de abono líquido-biol a lo largo del tiempo; a. Longitud de raíz; b. altura de planta; c. Número de hojas, n=108.



El crecimiento de repollo en el T5:D2 con la aplicación de 600 ml/15 L de abono líquido-biol para incrementar la altura de planta, número de hojas y longitud de raíz en relación con el tiempo (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 y 110 días). El coeficiente de regresión para la longitud de raíz no fue significativa con $R^2 = 0.29$; $Y = (5.31) + (0.05)X$, asimismo, la regresión en relación al número de hoja no fue significativa con; $R^2 = 0.30$; $Y = (8.57) + (0.04)X$, mientras que el coeficiente de regresión positiva para la altura de planta fue: $R^2 = 0.79$; $Y = (17.03) + (0.22)X$ (Figura 19).

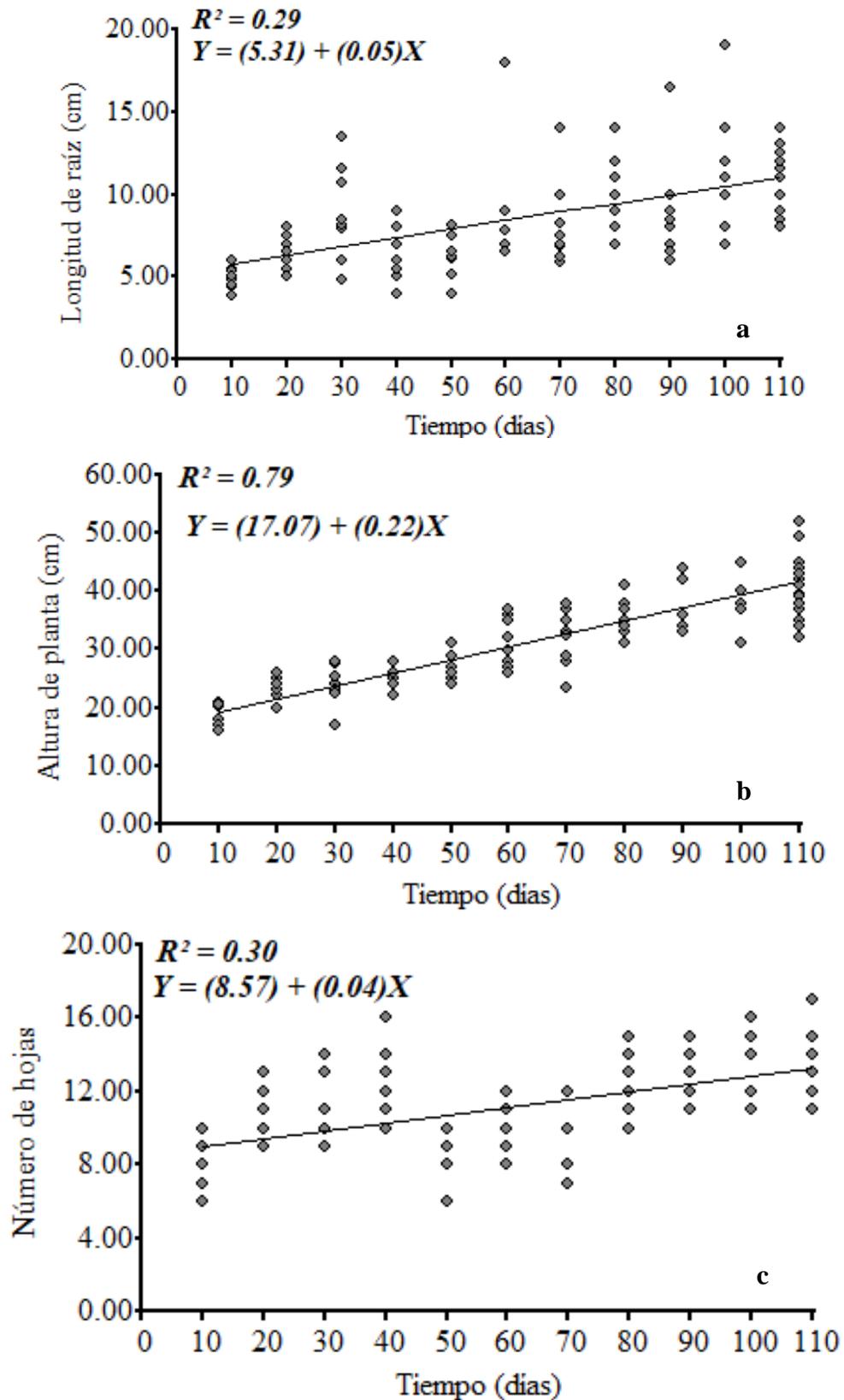


Figura 19. Crecimiento de repollo (cm) y número de hojas con la aplicación de 600 ml/15 L de abono líquido-biol a lo largo del tiempo; a. Longitud de raíz; b. altura de planta; c. Número de hojas, n=108.



El crecimiento de repollo en el tratamiento 6 con la aplicación de 800 ml/15 L de abono líquido-biol (T6:D3) para incrementar la altura de planta, número de hojas y longitud de raíz en relación con el tiempo (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 y 110 días). El coeficiente de regresión para la longitud de raíz fue; $R^2 = 0.55$; $Y = (3.70) + (0.07)X$, para la altura de planta; $R^2 = 0.80$; $Y = (14.08) + (0.25)X$, mientras que el coeficiente de regresión positiva para número de hojas no fue significativa con; $R^2 = 0.35$; $Y = (8.24) + (0.05)X$ (Figura 20).

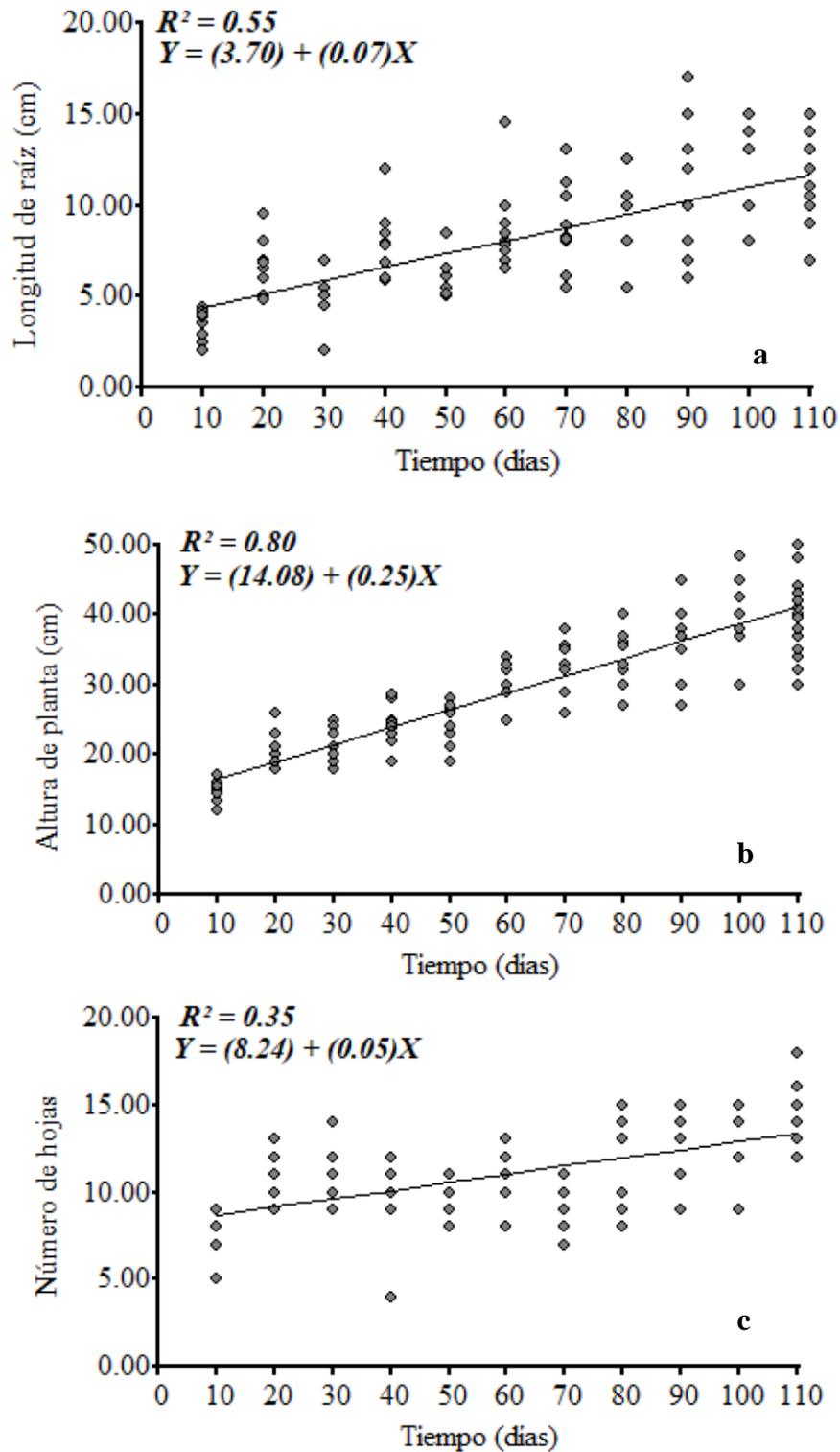


Figura 20. Crecimiento de repollo (cm) y número de hojas con la aplicación de 800 ml/15 L de abono líquido-biol a lo largo del tiempo; a. Longitud de raíz; b. altura de planta; c. Número de hojas, n=108.



El crecimiento del repollo en esta investigación fue significativa respecto a la altura, sin embargo, no formó cogollo en 110 días, por otro lado, Zamora (2016) obtuvo en la producción en 120 a 150 días, por otro lado el desarrollo hasta 78 días, de la longitud de la raíz el rango 9.3 a 50.3 cm, el número de hojas se reflejan en el tamaño fue entre 6 a 12 hojas por planta siendo similar a este estudios (Palacios, 2014).

4.2.3. Crecimiento de lechuga en relación al tiempo

Existe una tendencia positiva en el crecimiento de lechuga en el tratamiento testigo con la aplicación de 5 ml/L de solución química (T0:Testigo) para incrementar la altura de planta, número de hojas y longitud de raíz en relación con el tiempo (10, 20, 30, 40 y 50 días). El coeficiente de regresión para la longitud de raíz fue; $R^2 = 0.48$ siendo no significativo el crecimiento de raíz; $Y = (11.40) + (0.24)X$, mientras que el coeficiente de regresión fue significativo para la altura de planta fue: $R^2 = 0.91$; $Y = (-3.44) + (0.86)X$ y para el número de hojas; $R^2 = 0.89$; $Y = (1.08) + (0.29)X$ (Figura 21).

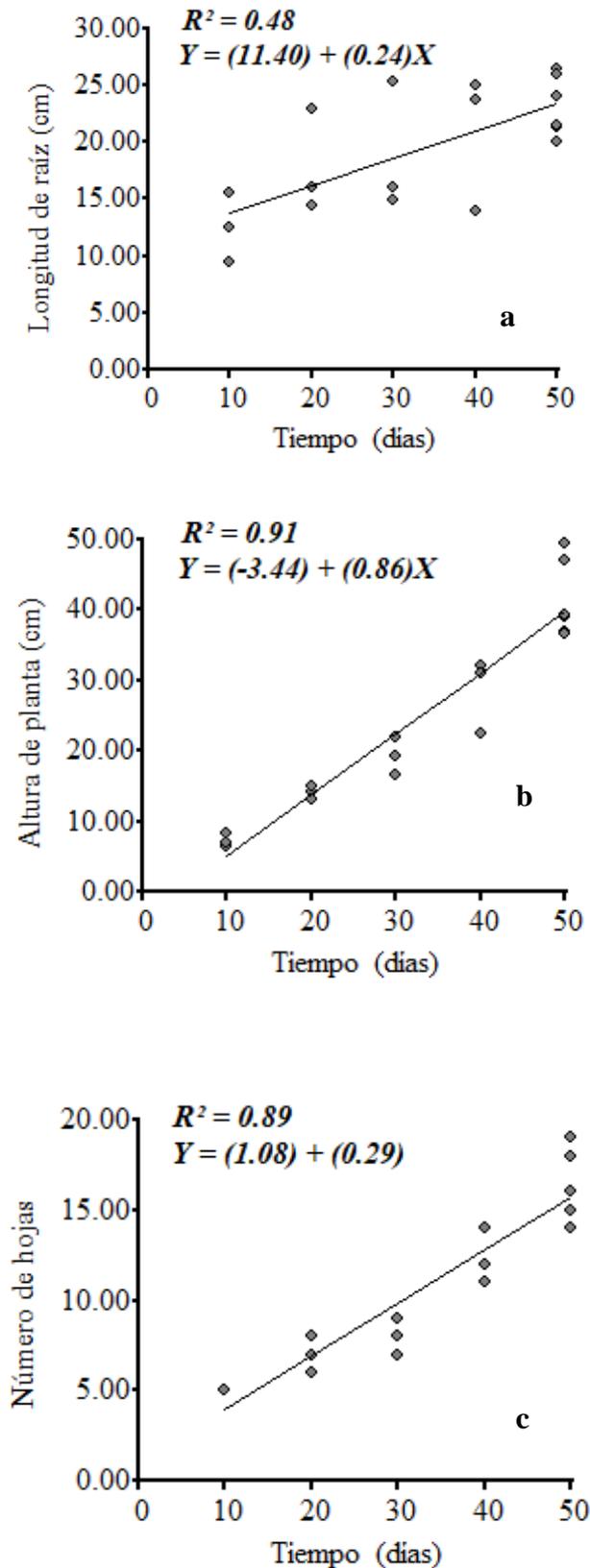


Figura 21. Crecimiento de lechuga (cm) y número de hojas con la aplicación de 5 ml/L solución química a lo largo del tiempo; a. Longitud de raíz; b. altura de planta; c. Número de hojas, n=81.



Existe una tendencia positiva en el crecimiento de lechuga en el tratamiento 7 con la aplicación de 400 ml/15 L de abono líquido-biol (T7:D1) para incrementar la altura de planta, número de hojas y longitud de raíz en relación con el tiempo (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 y 80 días). El coeficiente de regresión para la longitud de raíz fue: $R^2 = 0.81$; $Y = (3.78) + (0.27)X$, mientras que para la altura de planta fue: $R^2 = 0.79$; $Y = (2.13) + (0.37)X$, para el número de hojas el coeficiente de regresión fue: $R^2 = 0.77$; $Y = (3.43) + (0.10)X$ (Figura 22).

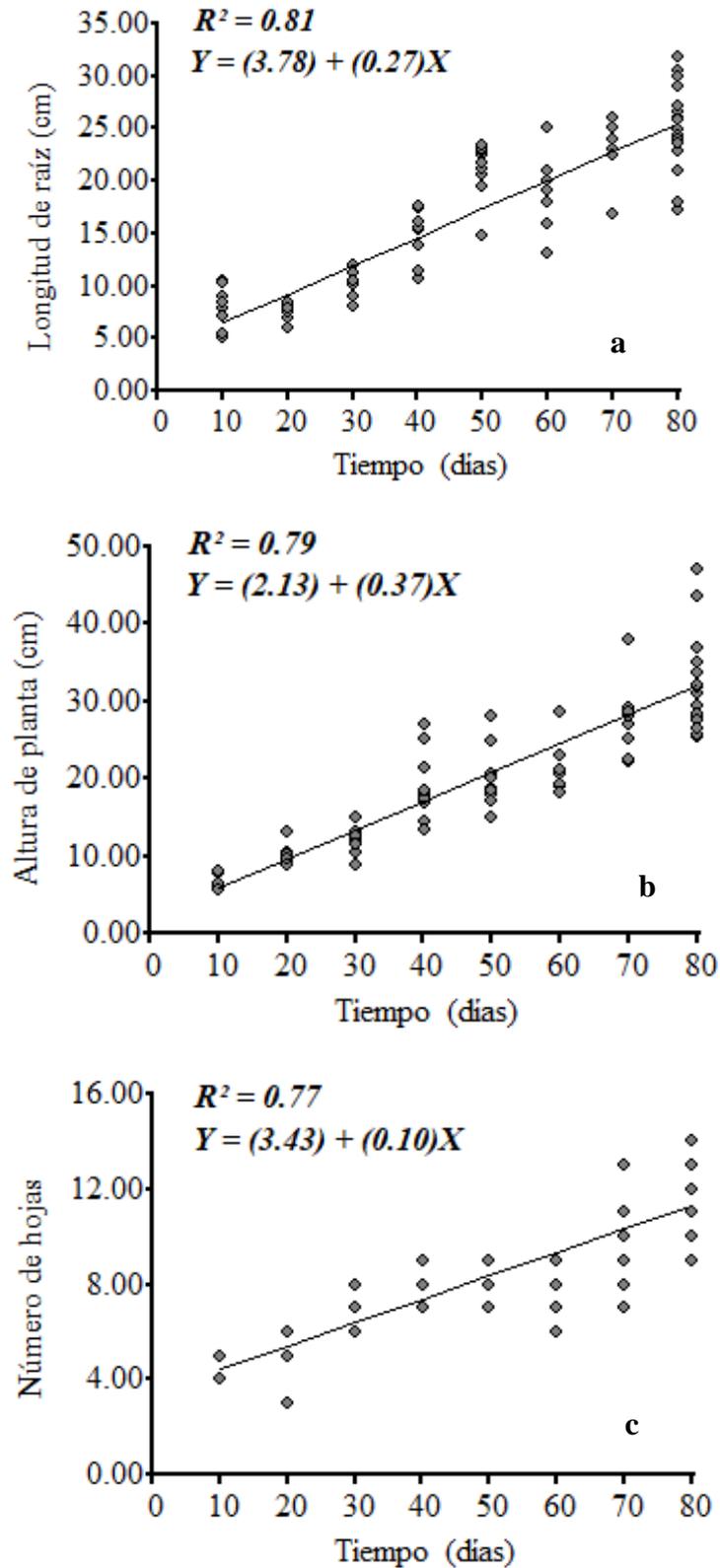


Figura 22. Crecimiento de lechuga (cm) y número de hojas con la aplicación de 400 ml/15 L de abono líquido-biol a lo largo del tiempo; a. Longitud de raíz; b. altura de planta; c. Número de hojas, n=81.



Existe una tendencia positiva en el crecimiento de lechuga en el T7:D1 con la aplicación de 600 ml/15 L de abono líquido-biol para incrementar la altura de planta, número de hojas y longitud de raíz en relación con el tiempo (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 y 80 días). El coeficiente de regresión para la longitud de raíz fue; $R^2 = 0.72$; $Y = (3.37) + (0.20)X$, mientras que para la altura de planta fue: $R^2 = 0.80$; $Y = (1.48) + (0.40)X$, para el número de hojas el coeficiente de regresión fue: $R^2 = 0.75$; $Y = (3.06) + (0.09)X$ (Figura 23).

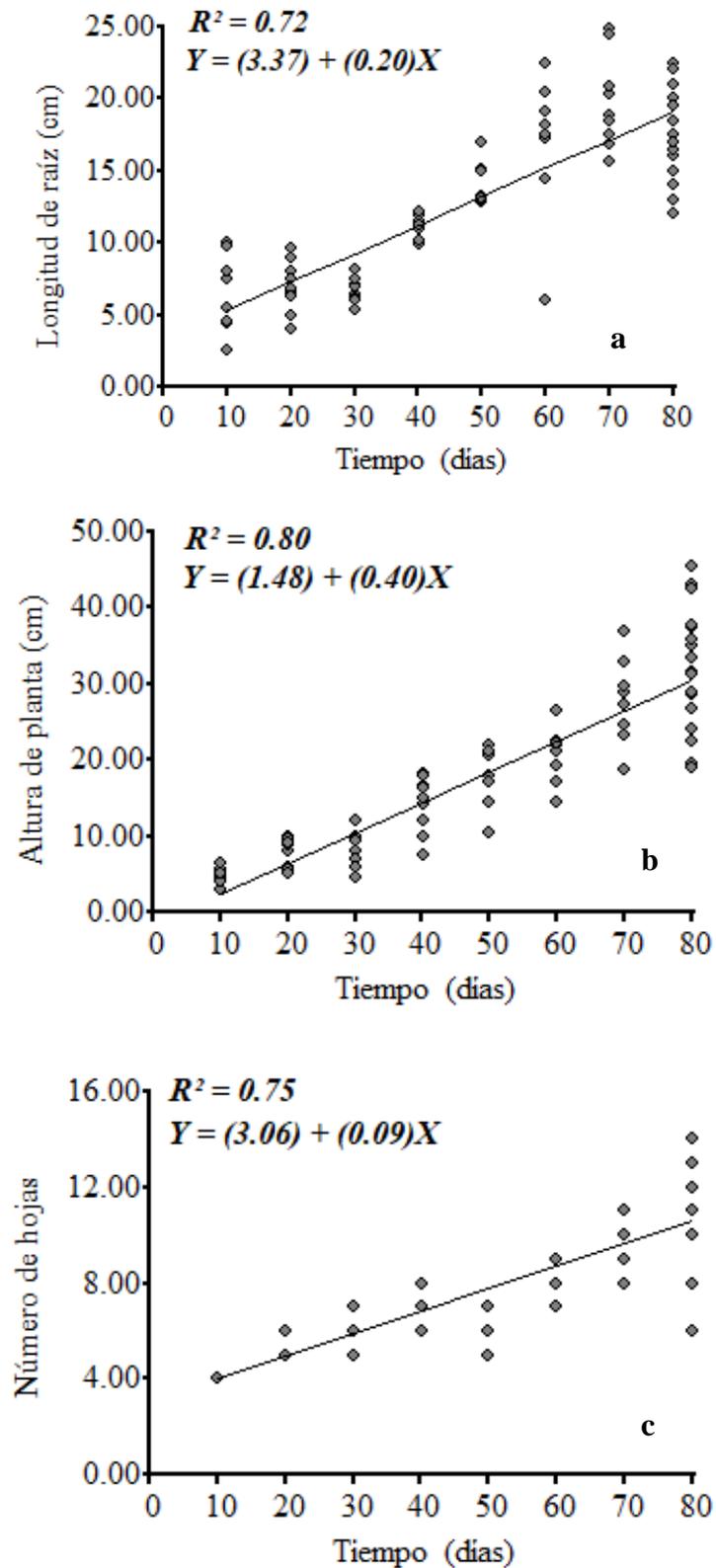


Figura 23. Crecimiento de lechuga (cm) y número de hojas con la aplicación de 600 ml/15 L de abono líquido-biol a lo largo del tiempo; a. Longitud de raíz; b. altura de planta; c. Número de hojas, n=81.



Existe una tendencia positiva en el crecimiento de lechuga en el tratamiento 9 con la aplicación de 800 ml/15 L de abono líquido-biol (T9:D3) para incrementar la altura de planta, número de hojas y longitud de raíz en relación con el tiempo (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 y 80 días). El coeficiente de regresión para la longitud de raíz fue; $R^2 = 0.61$; $Y = (3.25) + (0.15)X$, mientras que para la altura de planta fue: $R^2 = 0,67$; $Y = (-1.43) + (0.36)X$, para el número de hojas el coeficiente de regresión fue: $R^2 = 0.70$; $Y = (2.88) + (0.09)X$ (Figura 24).

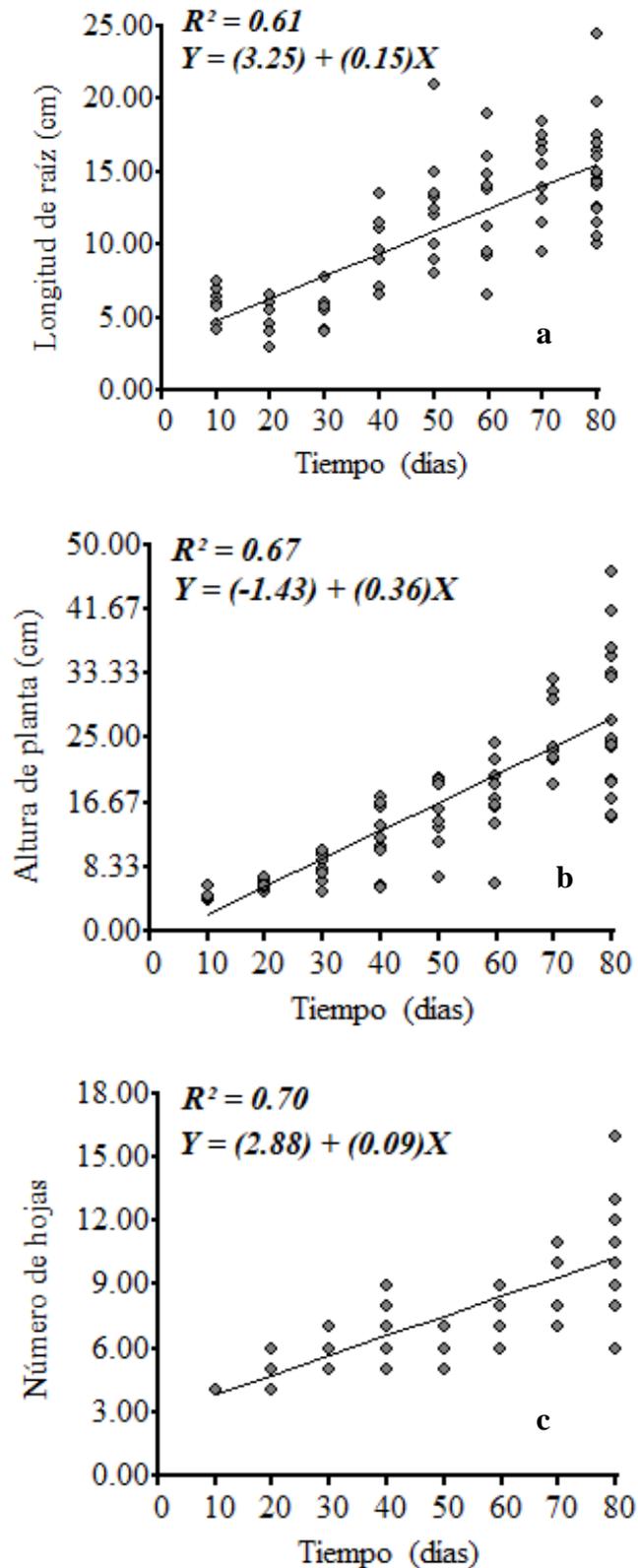


Figura 24. Crecimiento de lechuga (cm) y número de hojas con la aplicación de 800 ml/15 L de abono líquido-biol a lo largo del tiempo; a. Longitud de raíz; b. altura de planta; c. Número de hojas, n=81.



El crecimiento vegetativo de la lechuga con la aplicación de solución química fue en 50 días y con la aplicación de abono líquido-biol fue 80 días. teniendo con medidas menores, obteniendo en 60 días con promedios de 10.09 y 15.87 cm de mayor dosis de biol 6 %y con frecuencias de 8 y 15 días de aplicación (Pomboza *et al.*, 2016), los efectos por la aplicación de las soluciones nutritivas como: solución La Molina, té de estiércol, té de lombricompost y biol en el desarrollo del número de hojas a los 39 días después del trasplante registraron 18.2, 16.3,15.3 y 14.7, respectivamente, asimismo en la altura de la planta 26.12, 24.23, 23.52 y 22.40 (Milton, 2018). Además, en Uruguay la cosecha es realizada cuando la lechuga alcanza a un tamaño adecuado para el consumo o comercialización, que demora en invierno 55 días y en verano en 35 días en sistema hidropónico (Gilsanz, 2007).

4.3. PARÁMETROS DE SOLUCIÓN NUTRITIVA

Los registros de los parametros del agua con pH, OD (mg/L), CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$), TDS (ppm), PSU y temperatura $^{\circ}\text{C}$, variaron en relación al tiempo. En el cultivo de acelga osciló entre los valores de pH (7.63 - 8.21), OD (1.14 - 1.22), CE (2253.5 - 2739.48), TDS (1131.9 – 1407.4). En el cultivo de repollo osciló entre los valores de pH (7.91 - 8.28), OD (0.85 - 1.15), CE (2319.4 – 2970.16), TDS (1178.67 – 1484.79). finalmente en el cultivo de lechuga osciló entre los valores de pH (7.02 - 8.21), OD (0.5 – 0.5), CE (2058.25 – 3221.2), TDS (1046.81 – 1599.24).

El análisis de la calidad de agua en los tratamientos varió en relación al tiempo, donde presentaron diferencia en los parámetros como pH, CE, TDS y salinidad con $p=0.0001$, sin embargo, no hay diferencia en los parámetros de OD y temperatura con $p=0.0920$ y 0.7302 respectivamente. Lo que influyó en el crecimiento de las hortalizas (Tabla 15).

Tabla 15. Análisis de contraste de Tukey de los registros de parámetros del agua en los tratamientos, n=110.

Tratamiento: Dosis (ml/15 L)	pH	OD mg/L	CE μS/cm	TDS ppm	PSU	T° de Agua
T0:Testigo (A)	7.63 e	1.09 a	2739.48 ab	1407.39 ab	1.45 abc	14.88 a
T1:D1	8.13 c	1.22 a	2498.62 bc	1243.53 bc	1.27 cd	15.22 a
T2:D2	8.21 abc	1.14 a	2253.5 cd	1131.99 cd	1.17 def	15.28 a
T3:D3	8.18 abc	1.15 a	2549.29 b	1277.09 b	1.33 cd	15.38 a
T0:Testigo (R)	7.91 d	0.85 a	2319.43 bcd	1178.67 bcd	1.34 bcd	14.89 a
T4:D1	8.17 bc	1.13 a	2505.01 bc	1250.56 bc	1.32 cd	15.32 a
T5:D2	8.25 ab	1.15 a	2620.25 b	1279.33 b	1.37 bc	15.14 a
T6:D3	8.28 a	1.11 a	2970.16 a	1484.79 a	1.54 ab	15.75 a
T0:Testigo (L)	7.02 f	0.5 a	3221.2 a	1599.24 a	1.72 a	16.24 a
T7:D1	8.21 abc	0.5 a	2058.25 d	1029.19 d	1.06 f	16.11 a
T8:D2	8.15 bc	0.5 a	2093.4 d	1046.81 d	1.08 ef	15.95 a
T9:D3	8.19 abc	0.5 a	2436.88 bc	1218.22 bc	1.26 cde	15.29 a

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

La producción de las hortalizas en el sistema hidropónico está directamente relacionada con los parámetros del agua como la temperatura, pH y conductividad eléctrica del agua (Gilsanz, 2007), asimismo, los parámetros ambientales como la temperatura, humedad concentración de O₂, calidad de agua y solución nutritiva (Beldrano y Giménez, 2015), por ejemplo, el cultivo de acelga en lo general es positiva en temperatura entre 13°C y 25°C, con temperatura máxima de 41.12 °C, la mínima de



9.16 °C y un promedio de 24.60 °C, humedad relativa con un promedio de 69 % para el tiempo de producción de acelga, tanto en la germinación y en el crecimiento para evitar a que se marchite las hojas y prevenir de las enfermedades (Nuñez, 2016).

Para la acelga el análisis de componente principal (APC), el componente principal 1 (PC1) explica el 73.6 % de la varianza total de la matriz de datos, mientras que el PC2 explica el 11.6 %. Para el PC1 el crecimiento de acelga está asociado positivamente CE, TDS, PSU con un crecimiento mayor. Respecto al crecimiento de repollo el Componente Principal 1 (PC1) explica el 78.5 % de la varianza total de la matriz de datos, mientras que el PC2 explica el 16.2 % donde los parámetros del agua no están asociados significativamente, con una producción menor de repollo, sin embargo, con si influyó la temperatura del ambiente. Finalmente, la lechuga el componente principal 1 (PC1) explica el 80.8 % de la varianza total de la matriz de datos, mientras que el PC2 explica el 15.2 %. el CP 1 para el crecimiento de lechuga está asociado positivamente con los parámetros del agua como PSU, CE, TDS y temperatura, donde el T0:Testigo tuvo mayor crecimiento de lechuga (Figura 25).

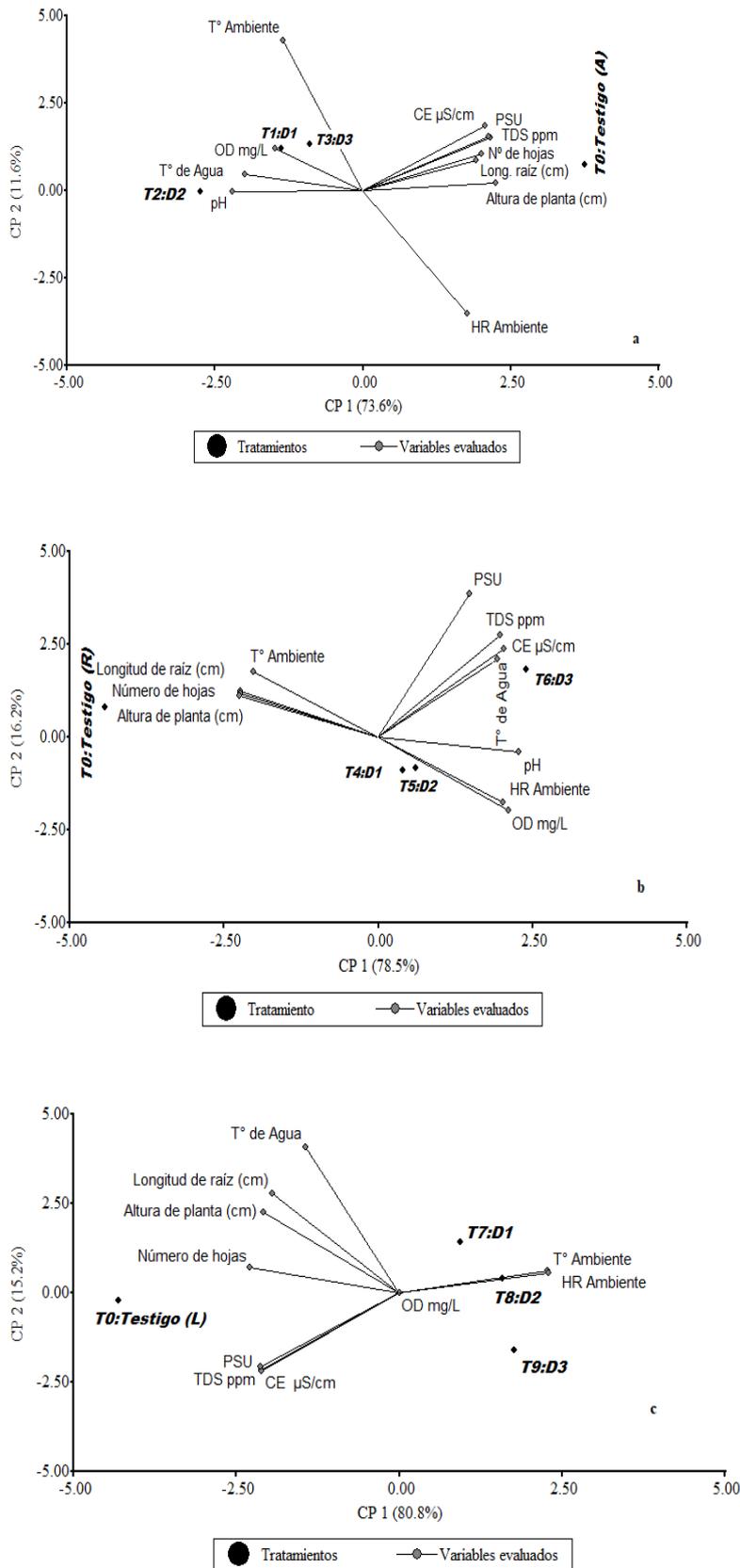


Figura 25. Análisis de componentes principales del crecimiento de las tres hortalizas; a. acelga, b. repollo, c. lechuga, n=110.



En un sistema hidropónico es importante considerar los parámetros del agua para mejor rendimiento de la planta (Toalombo, 2013), por ejemplo, la producción de hortalizas con abono líquido tiene una reacción neutra con 7.27 de pH, 3.68 de Conductividad Eléctrica (CE) 3680, 1.43 % de N, 44 ppm de P y 266 ppm de K (Vega, 2015), por lo que es recomendable que la conductividad es oscile entre 0.8 a 1.5 mS/cm³, en las primeras dos semanas y no sobrepasar los 1,8 mS/cm³ al final, con respecto de pH es recomendable que sea neutro (pH de 7) (Brenes y Jiménez, 2014). Por otro lado, el cultivo de repollo puede tolerar el pH ácidos del rango de 6 a 6.5 y moderadamente sensible a las sales entre 1.2 dS/m a 2 dS/m en promedio (Zamora, 2016).



V. CONCLUSIONES

- a. Las hortalizas (acelga, repollo y lechuga) cultivadas en el sistema hidropónico, con aplicación de abono líquido orgánico (BIOL), no crea dependencia de insumos ni tecnología al productor, además no contienen residuos químicos. La novedad científica de esta investigación, está fundamentada en utilización de productos locales orgánicos de fácil acceso para el productor.
- b. La mayor biomasa y altura en acelga, fue con la aplicación 800 ml/15 L de abono líquido-biol. Para el repollo, fue con la aplicación de 600 ml/15 L, pero no desarrollaron cogollo tanto con la aplicación se solución orgánica e inorgánica. Finalmente, la lechuga, presentó mayor altura y biomasa con la aplicación de 400 ml/15 L de abono líquido-biol.
- c. La acelga tuvo un crecimiento significativo con la aplicación de 800 ml/15 L de abono líquido-biol, respecto a la altura, longitud de raíz y número de hojas con R^2 0.85, 0.73 y 0.56 respectivamente. El Repollo presentó un crecimiento significativo con R^2 0.80 la aplicación de 800 ml/15 L de abono líquido-biol, sin formación de cogollo. Finalmente, el crecimiento de la lechuga fue significativo respecto a la longitud de raíz R^2 0.81 con la aplicación de 400 ml/15 L abono líquido-biol, para la altura de la planta R^2 0.80 con la aplicación de 600 ml/15 L y para número de hojas R^2 0.77 con la aplicación de 400 ml/15 L en 80 días.



VI. RECOMENDACIONES

- Realizar investigación con la aplicación de abono orgánico-biol en base a diferentes estiércoles como de alpaca, llama, entre otros.
- Experimentar la producción de diferentes hortalizas en sistema hidropónico aplicando abono orgánico- biol, y roca fosfórica con la aplicación de diferentes cantidades y tiempo.
- Experimentar el tiempo de aplicación de abono líquido, monitoreo y control de los parámetros de la solución nutritiva (abono + agua).
- Realizar investigación en un sistema hidropónico vertical, utilizando abono orgánico-biol para diferentes hortalizas, además, realizar el monitoreo de la calidad de agua.



VII. REFERENCIAS

- Arcos, B., Benavides, O. y Rodriguez, M. 2011. Evaluación de dos sustratos y dos dosis de fertilización en condiciones hidropónicas bajo invernadero en lechuga *Lactuca sativa* L. *Revista de Ciencias Agrícolas*. XXVIII(2), 95-108.
- Barreros, E. 2017. Efecto de la relación carbono/nitrógeno en el tiempo de descomposición del abono de cuy (*Cavia porcellus*), enriquecido. Tesis de grado. Universidad Técnica de Ambato. Cevallos. Ecuador.
- Bazan, A., Carranza, G., Dellepiane, S., Obregón, J. y Pupuche, J. 2021. Diseño de sistemas hidropónicos modulares para los hogares de la ciudad de Piura. Tesis de grado. Universidad de Piura. Piura. Perú.
- Beltrano, J. y Giménez, D. 2015. Cultivo en hidroponía. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. pp. 181.
- Brenes, L. y Jiménez, M. 2014. Modelo de manejo de un sistema de producción de hortalizas de hoja bajo la modalidad de hidroponía NFT, tipo comercial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Pág. 1-38.
- Birgi, J. 2015. Producción hidropónica de hortalizas de hoja. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Santa Cruz. Argentina.
- Buxmann, E. 2019. Ensayo de Producción de Semillas de Acelga (*Beta vulgaris* var. Bressane) en el departamento Río Primero. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Río Primero. Argentina.
- Calle, L. 2018. Comportamiento agronómico del cultivo de col morada (*Brassica oleracea*), sembrada en varios sustratos orgánicos en la zona de Babahoyo. Tesis de Grado. Universidad Técnica de Babahoyo. Los Rios. Ecuador.
- Canales, A., Taquila, R. y Guerra, F. 2002. Conservación de la biodiversidad insitu y capacitación. Centro de Investigación Educación y Desarrollo (CIED-PUNO)
- Cando, S. y Malca, L. 2015. Influencia de un abono orgánico líquido tipo biol en el rendimiento de la lechuga (*Lactuca sativa* L) cultivada en sistemas hidropónicos. *Revista de Investigación Científica*. 12(2), 31-38



- Camacho, J. 2018. Efecto del oxígeno disuelto sobre un cultivo hidropónico con raíz flotante de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) En un sistema urbano-familiar en la ciudad de la Paz. Tesis de Grado para optar por el Título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Agronomía Carrera de Ingeniería Agronómica. La Paz. Bolivia.
- Castellón, J., Bernal, R., Hernández, M. 2015. Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala. Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 19(1), 39-50.
- Chambilla, P. 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. Tesis de Grado. Universidad Católica de Santa María. Arequipa, Perú.
- Coila, M. 2017. Efecto del estiércol de lombriz y ovino en la producción de acelga (*Beta vulgaris*L.) en invernadero -Puno. Tesis de Grado. Universidad Nacional del Altiplano. Puno. Perú.
- Condori, P., Loza, M. G., Sainz, H. N., Guzmán, J., Mamani, F., Marza, F., & Gutiérrez, D. E. (2017). Evaluación del efecto del biol sobre catorce accesiones de papa nativa (*Solanum ssp.*) en la estación experimental kallutaca. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 5(1), 15-28. Recuperado en 13 de septiembre de 2022, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592017000100003&lng=es&tlng=es.
- Condori, E. y Vilca, D. 1995. Botánica sistemática II. Impreso en MIJOLEV COPY. Puno-Perú. Pág. 386.
- Costa, S., Montenegro, M., Arregui, T., Sánchez, M., Nazareno, M. y Mishima, B. 2013. Caracterización de acelga fresca de Santiago del Estero (Argentina). Comparación del contenido de nutrientes en hoja y tallo. Evaluación de los carotenoides presentes. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, 23(1), 33-37.
- Cruz, T. 2016. Efecto de dos dosis de aminofol en la producción de acelga (*Beta vulgaris* L. var. Fordhook giant), cultivada en el sistema hidropónico de flujo laminar de nutrientes (NFT). Tesis. Universidad Nacional de Tumbes. Perú.
- FAO. (2013). Introducción a la producción de hortalizas. Disponible en URL: <http://www.fao.org/3/a-az120s.pdf>. [consulta 29 de agosto de 2022].



- Faúndez, A., Faúndez, L. y Flores, R. 2017. Apuntes de Botánica Aplicada. Edición online. Facultad de Ciencias Agronómicas Universidad de Chile. La Pintana, Santiago. Pág. 189.
- Figuroa, U., Cueto, J., Delgado, J., Núñez, G., Reta, D., Quiroga, H., Faz, R. y Márquez, J. 2010. Estiércol de bovino lechero sobre el rendimiento y recuperación aparente de nitrógeno en maíz forrajero. *Terra Latinoamericana*, 28(4), 361-369. Recuperado en 09 de octubre de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792010000400008&lng=es&tlng=es.
- Flores, G. 2020. Producción de acelga (*Beta vulgaris* L. Var. FORDHOOK GIANT) con uso de dos fuentes de agua salina en hidroponía - sistema raíz flotante bajo condiciones de invernadero en Arequipa. Tesis Grado. Universidad de San Agustín de Arequipa. Perú.
- FONAG. 2010. Abonos orgánicos protegen el suelo y garantizan alimentación sana. Disponible en URL: http://www.fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf. [consulta 21 de setiembre de 2022].
- FONCODES. 2014. Producción y uso de abonos orgánicos: biol, compost y humus. Manual Técnico. Lima. Perú.
- Gálvez, E., Legua, J., Cruz, D. y Caro, F. 2019. Experimento con biol de subproductos de azúcar para mayor rendimiento ecológico en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Revista studium veritatis*, 17(23), 285-364
- Gilsanz, J. 2007. Hidroponía. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Montevideo – Uruguay.
- Giraldo, L. y Henao, J. 1986. El cultivo de la acelga. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/2069>
- Guevara, C. 2011. Aplicación de dos fuentes de abono orgánico en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Tesis para la obtención del título de Ingeniero Agropecuario. Unidad de Estudios a Distancia. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Los Ríos, Ecuador.



- INIA (Instituto Nacional de Investigación Agraria). 2008. Producción y uso del biol. Dirección de investigación agraria subdirección de recursos genéticos y biotecnología. Lima. Perú.
- Inicio, P. 2019. Efecto de cuatro dosis de biol en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L) variedad White Boston en Cajamarca. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo. Cajamarca, Perú.
- Japon, J. 1977. La lechuga. LS.B.N. 84-341-0124-6, Santiago Estévez, 8- Madrid-19.
- Llanten, S. 2017. Efecto de soluciones nutritivas en 2 variedades de lechuga (*Lactuca sativa*) sembrada en condiciones hidropónicas en la zona de Santo Domingo de los Tsáchilas. Obtención del Título de Ingeniero Agrónomo de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo Facultad de Ciencias Agrarias Carrera de Ingeniería Agronómica. Quevedo. Los Ríos. Ecuador.
- Ladrón, V., Quiróz, C., Acosta, J., Pimentel, L., Quiñones, E. 2005. Hortalizas, las llaves de la energía. *Revista Digital Universitaria*. 6(9), 1-30.
- Lenscak, M. y Iglesias, N. 2019. Invernaderos Tecnología apropiada en las regiones productivas del territorio nacional argentino. INTA Ediciones. Región Pampeana. P. 226
- León, J. 2013. Calidad del agua y balance de Cu, Fe, Mn y Zn en un cultivo acuapónico de camarón (*Litopenaeus vannamei*), tomate (*Lycopersicon esculentum*) y lechuga (*Lactuca sativa*) con agua de baja salinidad y cero recambios. Tesis de grado de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Nuñez, C. 2016. Evaluación de dos variedades de acelga (*Beta vulgaris* var. Cicla L.) con tres niveles de fertilizante foliar (vigor top) en ambiente protegido. Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz. Bolivia.
- MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca). 2014. Elaboración, uso y manejo de abonos orgánicos. Quito. Ecuador.
- Martínez, P.F. y Roca, D. 2011. Sustratos para el cultivo sin suelo. Materiales, propiedades y manejo. En: Flórez R., V.J. (Ed.). Sustratos, manejo del clima, automatización y control en sistemas de cultivo sin suelo. Bogotá: Editorial Universidad Nacional de Colombia. pp. 37-77.



- Medina, T., Arroyo, G., García, M., Dzul, J. 2017. Producción de acelgas (*Beta vulgaris* var. *cycla*) mediante el uso de microorganismos de montaña y *Azospirillum brasilensis*. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*. 3(10), 36-42.
- Mendoza, K. 2016. Preparación, uso y manejo de abonos orgánicos. Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA. Disponible en: <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/184>
- Noli, C. 1999. Influencia del estiércol en el establecimiento de pasturas. INIA en la Estación Experimental Santa Ana – Huancayo. Disponible en: https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/604/1/Noli-influencia_pasturas.pdf
- Palacios, D. 2014. Producción de vegetales empleando la técnica hidropónica flujo lamina de nutrientes (NFT). Te grado. Universidad del Valle. Santiago de Cali. Colombia.
- Rojas, R. 2015. Efecto de abonos orgánicos en el rendimiento y composición química de la quinua (*Chenopodium quinoa* w.) Variedad Hualhuas, en el distrito de Huando-región Huancavelica
- Román, P., Martínez, M. y Pantoja, A. 2013. Manual de compostaje del agricultor, experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Santiago de Chile. Pág. 112.
- Ronquillo, A. 2017. Estudio del comportamiento agronómico del cultivo de acelga (*Beta vulgaris* L.), bajo fertilización orgánica edáfica y foliar. Tesis para la obtención del título de Ingeniero Agropecuario. Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo. Los Ríos. Ecuador.
- Salgado, J. y Igarza, A. 2009. Guía técnica para la producción del cultivo de la acelga. Instituto de Investigaciones Hortícolas, Liliana Dimitrova. Carretera de Bejucal-Quivicán. La Habana. Cuba.
- Sangama, C. 2020. Aplicación de tres dosis de cuyasa en el rendimiento del cultivo de col crespa (*Brassica oleracea* L.), variedad Savoy Perfection, en el distrito de Lamas. Tesis de grado. Universidad Nacional de San Martín Tarapoto. Tarapoto. Perú.



- Soria, F. 2015. Comportamiento agronómico de las hortalizas acelga (*Beta vulgaris*) y brocoli (*Brassica oleracea*) con dos abonos orgánicos en el centro experimental “La Playita” - UTC 2013. Tesis de grado. Universidad Técnica de Cotopaxi. La Maná. Cotopaxi.
- Toalombo, M. 2013. Aplicación de abonos orgánicos líquidos tipo biol al cultivo de mora (*Rubus glaucus* Benth). Grado de título. Universidad de Ciencias Agropecuarias. Ambato. Ecuador.
- Valdivia, H. y Almanza, G. 2016. Evaluation of the effect of macronutrients from human urine as fertilizer in the grow of *Lactuca sativa*. *Revista Boliviana de Química*. 33(1), 20-26.
- Valencia, A. 1995. Cultivo de hortalizas de hojas: col y lechuga. Serie manual N° 3-95. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Lima. Perú. Pág. 1-52.
- Vecilla, M. 2022. Producción hidropónica de lechuga (*Lactuca sativa*) bajo el sistema de raíz flotante con diferentes soluciones nutritivas. Tesis. Universidad de Guayaquil.
- Vega, J. 2015. Diseño, construcción y evaluación de un biodigestor semicontinuo para la generación de biogás con la fermentación anaeróbica del estiércol de cuy y de conejo para la institución educativa privada cristiana bereshi. Tesis de grado. Universidad Nacional del Santa. Chimbote. Perú.
- Vega, D. y Salamanca, A. 2016. Contenidos de plomo en acelga común *Beta vulgaris* L., producida en el contexto de la agricultura urbana (Bogotá, Colombia). *Revista luna azul*. 42, 44-53.
- Velasco, J, Aguirre, G. y Ortuño, N. 2016. Humus líquido y microorganismos para favorecer la producción de lechuga (*Lactuca sativa* var. Crespa) en cultivo de hidroponía. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 4(2), 71-83. Recuperado en 30 de septiembre de 2022, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592016000200004&lng=es&tlng=es
- Zamora, E. 2016. El cultivo del repollo. Serie guías - producción de hortalizas DAG/HORT-011. Universidad de Sonora. México.
- Zarate, M. 2014. Manual de Hidroponia. Instituto de Biología. D.F. México.



ANEXOS

Anexo 1. Resultado de análisis de Abono Líquido -biol



LABORATORIO AMBIENTAL DE
AGUA SUELOS Y MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS
Físico - Químico - Microbiológico
Agua, suelo, alimentos
Medio ambiente
Mecánica de suelos y otros.



RESULTADO DE ANÁLISIS

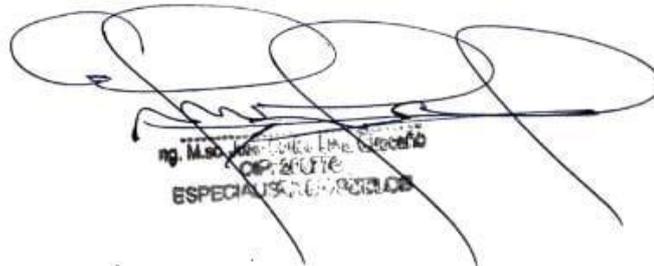
ASUNTO: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE BIOL DE CUY

PROCEDENCIA : INVERNADERO DE LA OFICINA DE GESTION AMBIENTAL DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
INTERESADO : MARISOL SHEYLA CHAMBI ALARCON
MOTIVO : ANALISIS N,P,K.
FECHA RECEPCION : 02/08/2021
FECHA DE ANALISIS : 02/08/2021

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

RESULTADOS

ELEMENTOS ANALIZADOS	M-01 Biol de cuy
pH	9.40
C.E. mS/cm.(Relación 1:2.5)	24.60
Fósforo total (% de P ₂ O ₅)	9.50
Nitrógeno total (% de N)	0.19
Potasio total (% de K ₂ O ₅)	1.90


Ing. Msc. Jhon Carlos López
ESPECIALISTA EN SUELOS



Anexo 2. Registro de parámetros del agua y medidas de la acelga (T1:D1, T2:D2, T3:D3)

Tratamiento: Dosis (ml/15 L)	pH	OD mg/L	CE μS/cm	TDS ppm	PSU	T° de Agua	Longitud de raíz (cm)	Altura de planta (cm)	Número de hojas
T0:Testigo (A)	7.4	0.5	3,023.0	1,912.0	1.6	15.2	6.6	5.8	2.7
T0:Testigo (A)	7.4	0.5	3,212.8	1,607.0	1.7	16.3	9.3	6.7	4.0
T0:Testigo (A)	7.2	0.5	3,488.5	1,760.3	1.9	14.0	13.2	9.6	5.7
T0:Testigo (A)	7.2	0.5	3,935.2	1,967.0	2.1	13.9	33.5	15.4	8.0
T0:Testigo (A)	7.5	0.5	2,917.0	1,458.0	1.5	15.9	39.1	22.9	7.7
T0:Testigo (A)	7.9	0.5	3,494.0	1,748.0	1.9	15.9	32.0	26.5	8.3
T0:Testigo (A)	7.8	0.5	2,018.8	1,009.0	1.0	17.0	41.3	27.7	8.7
T0:Testigo (A)	7.7	4.1	1,734.0	866.0	0.9	13.0	36.3	32.3	10.3
T0:Testigo (A)	7.9	3.3	2,296.0	1,147.0	1.2	16.7	37.0	32.7	10.3
T0:Testigo (A)	7.8	0.6	2,038.0	1,019.0	1.1	9.6	31.7	34.3	9.3
T0:Testigo (A)	8.1	0.5	1,977.0	988.0	1.0	16.2	39.6	36.7	9.7
T1:D1	8.0	0.5	2,703.8	1,152.4	1.2	15.7	5.3	4.5	4.0
T1:D1	8.3	0.5	2,153.4	1,076.2	1.1	15.4	7.4	5.3	4.0
T1:D1	8.3	0.5	2,056.0	1,027.6	1.1	16.4	5.6	5.8	4.0
T1:D1	8.0	0.5	2,500.0	1,249.8	1.3	16.4	6.8	5.1	4.0
T1:D1	8.3	0.5	2,242.0	1,121.4	1.2	16.8	9.5	5.8	4.3
T1:D1	8.4	0.5	2,130.8	1,065.8	1.1	17.6	8.8	5.9	4.0
T1:D1	8.2	0.5	2,673.4	1,336.6	1.4	13.7	12.3	8.7	5.0
T1:D1	8.4	0.5	2,321.8	1,161.8	1.2	14.3	13.0	8.1	5.7
T1:D1	8.4	0.5	2,211.8	1,105.2	1.1	14.8	11.3	8.9	6.0
T1:D1	8.1	0.5	2,938.6	1,470.6	1.5	15.6	17.1	10.1	6.7
T1:D1	8.3	0.5	2,451.0	1,226.2	1.3	15.5	20.9	9.5	6.3
T1:D1	8.3	0.5	2,331.6	1,167.0	1.2	16.7	14.5	7.8	6.3
T1:D1	8.2	0.5	2,187.0	1,093.2	1.1	14.5	25.6	12.4	7.7
T1:D1	8.2	0.5	2,495.0	1,248.0	1.3	15.0	26.7	12.0	6.7
T1:D1	8.1	0.5	2,499.4	1,249.4	1.3	15.4	14.9	11.2	6.3
T1:D1	7.9	0.5	1,774.4	887.2	0.9	16.1	24.2	15.9	6.7
T1:D1	7.9	0.5	1,881.0	940.4	1.0	16.9	29.3	11.2	6.3
T1:D1	7.9	0.5	2,086.8	1,043.6	1.1	17.3	31.1	13.5	6.3
T1:D1	8.0	0.5	2,099.4	1,050.0	1.1	16.0	31.2	16.1	9.7
T1:D1	8.0	0.5	2,171.2	1,086.0	1.1	16.3	27.7	13.2	6.0
T1:D1	8.0	0.5	2,396.8	1,198.4	1.2	17.1	29.3	14.2	7.3
T1:D1	8.1	0.5	2,401.2	1,202.4	1.3	17.2	26.2	17.8	6.7
T1:D1	8.0	0.5	2,347.6	1,172.4	1.2	17.7	30.0	15.5	8.0
T1:D1	8.3	3.7	2,430.8	1,215.4	1.3	13.3	29.3	15.7	8.7
T1:D1	8.1	3.8	2,459.4	1,230.2	1.3	13.0	27.3	20.7	6.7



T1:D1	8.2	3.9	2,433.8	1,217.4	1.3	13.6	32.0	19.3	9.0
T1:D1	8.2	3.8	2,667.2	1,334.4	1.4	14.3	21.6	14.1	7.0
T1:D1	7.7	3.8	3,416.2	1,708.4	1.8	16.8	41.0	21.2	11.3
T1:D1	8.2	3.9	2,433.8	1,217.4	1.3	13.6	53.0	22.2	8.0
T1:D1	8.1	4.1	3,593.2	1,797.8	1.9	17.7	38.3	17.0	10.0
T1:D1	8.1	0.6	2,677.6	1,339.6	1.4	9.9	36.9	23.5	9.5
T1:D1	8.1	0.6	3,310.8	1,655.6	1.8	11.3	34.6	19.3	8.5
T1:D1	8.1	0.6	3,977.6	1,988.8	1.2	10.4	58.0	20.4	9.2
T2:D2	8.3	0.5	1,916.0	957.2	1.0	14.8	4.5	5.1	4.0
T2:D2	8.2	0.5	2,134.6	1,067.0	1.1	15.0	8.5	5.3	4.0
T2:D2	8.2	0.5	2,010.6	1,005.0	1.0	15.8	4.7	4.7	4.0
T2:D2	8.4	0.5	1,962.6	981.0	1.0	16.0	5.4	5.7	4.3
T2:D2	8.4	0.5	2,205.4	1,102.4	1.1	16.2	8.4	4.3	4.0
T2:D2	8.4	0.5	2,031.8	1,017.0	1.0	18.1	7.4	4.7	4.0
T2:D2	8.4	0.5	2,028.0	1,014.0	1.0	14.3	11.8	7.7	5.3
T2:D2	8.4	0.5	2,270.6	1,135.2	1.2	14.2	9.9	6.6	5.7
T2:D2	8.4	0.5	2,093.8	1,047.0	1.1	14.5	10.8	7.9	5.7
T2:D2	8.4	0.5	2,140.2	1,070.0	1.1	15.2	12.1	9.2	6.0
T2:D2	8.4	0.5	2,370.2	1,185.4	1.2	15.4	12.2	9.3	5.7
T2:D2	8.3	0.5	2,219.8	1,110.4	1.2	16.3	14.8	9.6	6.0
T2:D2	8.2	0.5	2,252.6	1,127.0	1.2	14.8	15.3	11.6	6.3
T2:D2	8.2	0.5	2,601.4	1,301.0	1.4	15.0	12.2	11.2	6.3
T2:D2	8.2	0.5	2,275.4	1,238.0	1.3	15.3	22.6	10.2	6.7
T2:D2	8.0	0.5	1,589.6	794.8	0.8	16.2	26.2	14.3	6.7
T2:D2	7.9	0.5	1,644.0	894.0	0.9	16.6	13.3	12.8	6.7
T2:D2	7.9	0.5	1,807.4	903.8	0.9	17.1	28.3	12.5	5.3
T2:D2	8.1	0.5	1,825.4	912.6	0.9	15.8	23.3	13.7	6.7
T2:D2	8.1	0.5	2,068.6	1,036.0	1.1	16.1	13.8	11.7	7.3
T2:D2	8.0	0.5	2,060.0	1,030.0	1.1	16.6	18.3	13.7	7.0
T2:D2	8.1	0.5	1,950.6	974.4	1.1	16.8	21.7	14.3	7.0
T2:D2	8.1	0.5	2,217.0	1,108.2	1.1	17.5	14.0	15.5	7.7
T2:D2	8.1	0.5	2,184.6	1,092.6	1.1	18.2	15.3	14.0	9.3
T2:D2	8.3	3.7	2,034.6	1,017.4	1.1	12.9	26.5	17.6	9.0
T2:D2	8.2	3.6	2,325.6	1,162.6	1.2	13.4	15.0	18.2	9.0
T2:D2	8.2	3.4	2,285.2	1,142.8	1.2	13.9	23.2	15.8	7.3
T2:D2	8.1	4.5	2,702.6	1,350.6	1.4	15.6	27.7	18.7	8.7
T2:D2	8.2	4.4	3,067.6	1,533.8	1.6	16.3	17.3	17.7	9.7
T2:D2	8.1	4.3	2,934.6	1,466.4	1.5	17.0	19.0	16.0	10.0
T2:D2	8.2	0.6	2,784.6	1,392.0	1.5	11.1	27.7	18.5	9.5



T2:D2	8.2	0.6	3,251.0	1,625.8	1.7	11.2	19.9	17.4	9.7
T2:D2	8.2	0.6	3,119.6	1,560.2	1.6	11.1	27.5	16.7	9.7
T3:D3	8.2	0.5	2,207.6	1,175.8	1.2	15.4	5.4	4.3	4.0
T3:D3	8.2	0.5	2,108.8	1,054.6	1.1	15.3	4.3	5.3	4.7
T3:D3	8.2	0.5	2,525.0	1,282.8	1.3	16.1	6.5	3.8	4.0
T3:D3	8.2	0.5	2,165.8	1,082.0	1.1	16.6	4.5	3.7	4.7
T3:D3	8.3	0.5	2,124.4	1,062.0	1.1	16.5	3.4	4.7	5.0
T3:D3	8.3	0.5	2,588.4	1,294.0	1.3	17.3	5.4	4.0	4.0
T3:D3	8.3	0.5	2,259.8	1,130.2	1.2	14.4	7.8	8.0	5.7
T3:D3	8.4	0.5	2,185.0	1,092.6	1.1	14.4	10.0	8.5	6.0
T3:D3	8.4	0.5	2,671.0	1,335.6	1.4	14.7	10.4	6.5	5.7
T3:D3	8.3	0.5	2,402.4	1,201.6	1.3	16.0	9.9	8.5	5.7
T3:D3	8.4	0.5	2,286.8	1,142.6	1.2	15.6	11.7	10.6	5.7
T3:D3	8.3	0.5	2,825.0	1,412.6	1.5	16.3	9.7	9.1	5.7
T3:D3	8.1	0.5	2,775.0	1,387.8	1.5	15.1	11.6	11.8	6.3
T3:D3	8.2	0.5	2,810.6	1,405.6	1.5	15.3	12.4	12.4	6.7
T3:D3	8.1	0.5	3,131.6	1,564.0	1.7	15.4	23.0	10.9	7.0
T3:D3	7.9	0.5	1,888.4	944.0	1.0	16.3	16.0	12.7	6.3
T3:D3	7.9	0.5	1,875.8	938.0	1.0	16.7	18.3	14.8	8.3
T3:D3	8.0	0.5	1,911.0	955.4	0.9	17.1	31.7	12.8	8.0
T3:D3	8.0	0.5	2,126.6	1,063.0	1.1	16.0	9.8	13.7	8.7
T3:D3	8.0	0.5	2,165.4	1,074.8	1.1	16.2	18.3	15.3	7.7
T3:D3	8.0	0.5	2,176.0	1,088.4	1.1	16.5	30.7	13.1	9.0
T3:D3	8.1	0.5	2,350.2	1,174.6	1.2	17.0	16.7	20.7	9.0
T3:D3	8.1	0.5	2,334.8	1,167.0	1.2	17.5	20.7	18.0	9.0
T3:D3	8.1	0.5	2,331.6	1,166.6	1.2	18.0	18.8	15.7	8.7
T3:D3	8.3	3.8	2,556.0	1,277.8	1.3	12.9	22.2	28.2	9.7
T3:D3	8.3	3.7	2,430.8	1,215.4	1.3	13.3	24.3	21.6	9.0
T3:D3	8.2	3.5	2,458.2	1,229.6	1.3	13.8	25.9	18.6	9.3
T3:D3	8.1	4.4	3,487.4	1,743.2	1.8	16.4	32.0	25.0	9.7
T3:D3	8.2	4.4	3,145.4	1,572.8	1.7	16.4	29.7	21.7	10.3
T3:D3	8.1	4.3	3,104.6	1,551.6	1.6	17.2	27.5	18.3	10.3
T3:D3	8.2	0.6	4,005.8	2,002.8	2.1	9.8	32.6	26.5	9.2
T3:D3	8.3	0.6	3,371.8	1,685.0	1.8	11.0	38.5	24.3	10.7
T3:D3	8.2	0.6	3,339.6	1,670.2	1.8	11.2	37.5	19.2	10.2

Anexo 3. Registro de parámetros del agua y medidas del repollo (T4:D1, T5:D2, T6:D3)

Tratamiento: Dosis (ml/15 L)	pH	OD mg/L	CE µS/cm	TDS ppm	PSU	T° de Agua	Longitud de raíz (cm)	Altura de planta (cm)	Número de hojas
T0:Testigo (R)	7.5	0.5	3,416.8	1,707.4	1.8	15.3	16.1	10.5	8.7
T0:Testigo (R)	7.6	0.5	4,344.6	2,173.0	2.3	17.3	22.7	28.7	15.3
T0:Testigo (R)	7.6	0.5	2,845.8	1,422.0	1.5	13.6	20.2	29.5	14.3
T0:Testigo (R)	7.9	0.5	3,842.0	1,922.0	2.1	14.5	21.8	31.3	14.0
T0:Testigo (R)	8.0	0.5	1,737.5	1,083.0	1.1	16.4	22.0	34.3	18.3
T0:Testigo (R)	8.3	0.5	2,699.0	1,349.0	1.4	17.0	28.2	42.3	12.7
T0:Testigo (R)	7.9	0.5	1,708.0	854.0	0.9	17.5	32.7	51.3	14.0
T0:Testigo (R)	7.9	4.2	1,262.0	631.0	0.6	13.0	29.7	53.3	18.3
T0:Testigo (R)	7.9	0.5	1,250.0	620.0	0.6	12.5	34.0	56.3	15.7
T0:Testigo (R)	8.2	0.6	1,223.0	612.0	0.6	10.4	31.8	74.7	18.7
T0:Testigo (R)	8.2	0.5	1,185.0	592.0	1.8	16.3	29.5	75.7	17.5
T4:D1	8.3	0.5	2,222.6	1,110.4	1.2	15.3	7.3	18.3	7.7
T4:D1	8.2	0.5	2,070.0	1,085.6	1.1	15.5	9.0	17.3	10.3
T4:D1	8.1	0.5	1,564.6	876.4	0.9	16.2	8.0	17.2	9.3
T4:D1	8.4	0.5	2,393.4	1,196.6	1.3	16.7	7.5	22.5	10.3
T4:D1	8.2	0.5	2,430.8	1,214.0	1.3	16.7	8.7	22.1	11.0
T4:D1	8.1	0.5	1,934.8	967.2	1.0	17.2	7.9	18.3	10.7
T4:D1	8.4	0.5	2,632.8	1,317.4	1.4	14.6	13.6	25.3	11.3
T4:D1	8.2	0.5	2,695.4	1,348.4	1.4	14.3	7.3	26.8	12.7
T4:D1	8.2	0.5	2,214.6	1,107.0	1.1	14.5	7.5	25.0	10.7
T4:D1	8.3	0.5	2,922.4	1,461.4	1.5	17.7	11.5	23.2	12.7
T4:D1	8.2	0.5	2,780.6	1,386.6	1.4	18.2	8.6	30.3	12.7
T4:D1	8.2	0.5	2,658.0	1,329.2	1.4	19.4	8.3	24.3	12.0
T4:D1	8.2	0.5	2,877.6	1,438.8	1.5	15.0	12.6	27.6	14.0
T4:D1	8.1	0.5	2,745.8	1,372.2	1.4	15.4	5.5	28.0	12.0
T4:D1	8.1	0.5	2,670.4	1,335.2	1.4	15.6	6.2	29.9	8.3
T4:D1	8.0	0.5	2,099.6	1,049.0	1.1	15.9	11.7	27.2	10.7
T4:D1	8.0	0.5	2,531.4	1,265.6	1.3	16.3	7.5	30.0	8.3
T4:D1	8.1	0.5	2,113.8	1,068.0	1.1	16.7	7.1	29.5	7.7
T4:D1	8.2	3.7	2,720.8	1,360.0	1.4	12.9	11.3	30.0	11.7
T4:D1	8.1	3.5	2,965.8	1,482.6	1.6	13.4	7.5	33.0	9.7
T4:D1	8.2	3.8	2,190.6	1,095.4	1.1	13.8	6.8	30.2	9.3
T4:D1	8.0	4.4	3,769.6	1,885.0	2.0	16.4	10.9	33.0	14.0
T4:D1	7.9	4.1	3,404.2	1,702.2	1.8	17.5	7.3	33.0	10.7



T4:D1	8.0	4.0	2,743.0	1,370.6	1.4	17.6	12.8	36.0	9.7
T4:D1	8.2	0.6	4,532.4	2,235.8	2.4	10.2	10.6	34.3	15.3
T4:D1	8.1	0.6	4,509.2	2,254.6	2.4	10.1	7.3	34.7	12.7
T4:D1	8.1	0.6	2,435.2	1,615.4	1.7	10.4	16.3	35.3	10.0
T4:D1	8.7	0.5	1,652.0	826.0	0.9	14.3	11.7	37.0	15.0
T4:D1	8.6	0.5	2,122.0	1,062.0	1.1	13.6	6.3	34.3	13.3
T4:D1	8.6	0.6	1,928.0	964.0	1.0	13.5	10.7	33.3	12.0
T4:D1	8.0	0.5	1,478.0	744.0	0.8	16.3	15.2	40.5	16.3
T4:D1	7.9	0.5	1,470.0	736.0	0.7	16.9	8.3	40.3	13.2
T4:D1	7.8	0.5	1,186.0	740.0	0.6	17.5	14.3	36.8	11.5
T5:D2	8.2	0.5	2,094.0	1,048.0	1.1	15.4	5.3	17.0	8.3
T5:D2	8.2	0.5	2,171.0	1,086.0	1.1	15.2	4.7	20.5	9.0
T5:D2	8.1	0.5	1,922.4	961.8	1.0	16.2	4.8	16.3	6.3
T5:D2	8.3	0.5	2,283.0	1,141.2	1.2	16.5	6.3	23.3	11.0
T5:D2	8.3	0.5	2,451.4	1,226.2	1.3	16.3	6.7	23.7	10.7
T5:D2	8.2	0.5	2,186.0	1,092.6	1.1	17.1	6.8	23.0	12.0
T5:D2	8.5	0.5	2,500.6	1,251.0	1.3	14.5	8.2	24.9	10.3
T5:D2	8.4	0.5	2,886.8	1,444.6	1.5	14.1	8.1	22.5	10.7
T5:D2	8.3	0.5	2,625.2	1,312.0	1.4	14.7	13.5	25.3	12.0
T5:D2	8.5	0.5	2,874.2	1,436.8	1.5	17.5	7.0	25.3	11.7
T5:D2	8.4	0.5	3,590.4	1,795.6	1.9	18.8	7.3	25.7	12.0
T5:D2	8.3	0.5	3,251.2	1,618.0	1.7	17.5	5.8	24.0	13.7
T5:D2	8.3	0.5	2,949.8	1,465.0	1.6	15.2	5.4	28.3	8.7
T5:D2	8.2	0.5	2,952.0	1,474.4	1.6	15.3	6.5	27.3	8.3
T5:D2	8.2	0.5	2,874.8	1,437.4	1.5	15.7	6.0	26.3	8.3
T5:D2	8.1	0.5	2,051.8	1,025.6	1.1	10.2	7.5	32.7	9.0
T5:D2	8.1	0.5	2,763.4	1,383.2	1.4	16.1	11.3	35.7	9.7
T5:D2	8.3	0.5	2,354.4	1,177.4	1.2	16.9	6.9	27.0	10.0
T5:D2	8.3	4.0	2,536.4	1,268.0	1.3	12.7	8.1	32.0	7.7
T5:D2	8.3	3.9	2,481.2	1,240.6	1.3	12.9	10.1	35.8	9.3
T5:D2	8.2	3.8	2,850.4	1,424.6	1.5	14.1	6.3	28.3	8.3
T5:D2	8.2	4.2	3,356.6	1,678.2	1.8	16.2	10.7	33.0	11.7
T5:D2	8.1	4.2	3,519.4	1,759.8	1.9	16.8	10.0	36.7	13.0
T5:D2	8.0	4.0	2,759.8	1,379.6	1.4	17.4	9.7	38.3	14.7
T5:D2	8.3	0.6	3,836.6	1,916.6	2.0	10.5	8.7	40.7	12.7
T5:D2	8.3	0.6	4,275.8	1,136.0	2.3	10.3	10.5	35.3	12.3
T5:D2	8.1	0.6	3,617.2	1,808.6	1.9	10.3	7.0	34.3	13.3
T5:D2	8.6	0.5	1,879.6	940.0	1.0	14.5	11.3	38.7	12.7
T5:D2	8.6	0.5	2,090.0	1,045.0	1.1	13.7	13.3	42.7	14.0



T5:D2	8.6	0.5	1,999.0	1,000.0	1.0	13.7	9.0	40.0	15.0
T5:D2	8.0	0.5	1,628.0	814.0	0.8	16.0	11.3	46.4	13.2
T5:D2	8.0	0.5	1,512.0	757.0	0.8	16.7	11.4	41.3	13.2
T5:D2	7.8	0.5	1,344.0	673.0	0.7	17.5	11.2	35.8	14.5
T6:D3	8.2	0.5	2,432.4	1,216.0	1.3	15.7	3.5	14.7	7.3
T6:D3	8.2	0.5	2,475.6	1,236.0	1.3	16.0	3.3	14.7	6.7
T6:D3	8.1	0.5	2,789.2	1,397.0	1.5	16.7	3.7	15.7	8.3
T6:D3	8.3	0.5	2,581.6	1,290.4	1.3	16.8	7.0	19.0	11.3
T6:D3	8.3	0.5	2,459.8	1,230.0	1.3	17.0	7.0	20.0	11.7
T6:D3	8.2	0.5	2,982.6	1,491.6	1.6	17.6	5.9	22.7	10.7
T6:D3	8.5	0.5	2,770.8	1,385.8	1.5	14.6	4.2	19.3	11.0
T6:D3	8.4	0.5	2,593.2	1,295.4	1.4	14.5	4.7	22.0	11.3
T6:D3	8.3	0.5	3,557.4	1,778.0	1.9	14.8	4.7	24.0	11.0
T6:D3	8.6	0.5	3,045.6	1,522.0	1.6	17.9	8.9	23.5	9.0
T6:D3	8.4	0.5	2,969.6	1,484.6	1.6	19.1	7.4	23.8	10.3
T6:D3	8.3	0.5	4,432.4	2,215.6	2.4	18.5	7.6	25.2	11.7
T6:D3	8.3	0.5	3,237.6	1,619.8	1.7	15.3	5.3	21.0	9.0
T6:D3	8.3	0.5	3,158.2	1,579.0	1.7	15.8	6.4	25.3	10.7
T6:D3	8.3	0.5	4,081.2	2,041.4	2.2	16.3	6.7	26.5	9.7
T6:D3	8.2	0.5	3,116.6	1,557.4	1.6	16.5	10.5	30.3	10.3
T6:D3	8.2	0.5	2,309.4	1,151.4	1.2	16.8	7.4	31.3	12.0
T6:D3	8.0	0.5	3,000.6	1,501.2	1.6	17.6	8.3	29.0	9.0
T6:D3	8.4	4.1	2,777.4	1,389.0	1.5	12.9	9.1	30.2	9.7
T6:D3	8.4	3.5	2,985.0	1,493.2	1.6	13.5	8.9	35.3	8.0
T6:D3	8.2	3.6	3,035.0	1,516.8	1.6	14.2	8.5	30.3	7.0
T6:D3	8.2	4.0	3,636.4	1,818.0	1.9	16.6	10.2	35.0	10.7
T6:D3	8.0	3.9	3,039.8	1,519.4	1.6	17.2	9.5	35.3	14.3
T6:D3	8.0	3.6	3,364.2	1,682.4	1.8	17.7	8.7	30.8	10.3
T6:D3	8.5	0.6	4,315.0	2,155.8	2.3	10.3	12.3	36.7	14.0
T6:D3	8.4	0.6	3,513.4	1,757.0	1.9	10.7	10.0	38.7	14.0
T6:D3	8.2	0.6	4,236.4	2,118.0	2.3	9.9	10.3	33.0	11.3
T6:D3	8.6	0.5	2,125.0	1,063.0	1.1	14.7	12.7	41.7	14.3
T6:D3	8.6	0.5	2,165.0	1,083.0	1.1	14.7	11.0	40.8	14.7
T6:D3	8.5	0.5	2,357.0	1,178.0	1.2	14.2	10.7	37.7	12.0
T6:D3	8.1	0.5	1,977.0	988.0	1.0	16.5	12.3	42.2	14.3
T6:D3	8.1	0.5	2,516.0	1,256.0	1.3	17.7	11.2	42.3	13.8
T6:D3	8.1	0.5	1,979.0	988.0	1.0	17.6	10.1	36.8	13.3

Anexo 4. Registro de parámetros del agua y medidas de la lechuga (T7:D1, T8:D2, T9:D3)

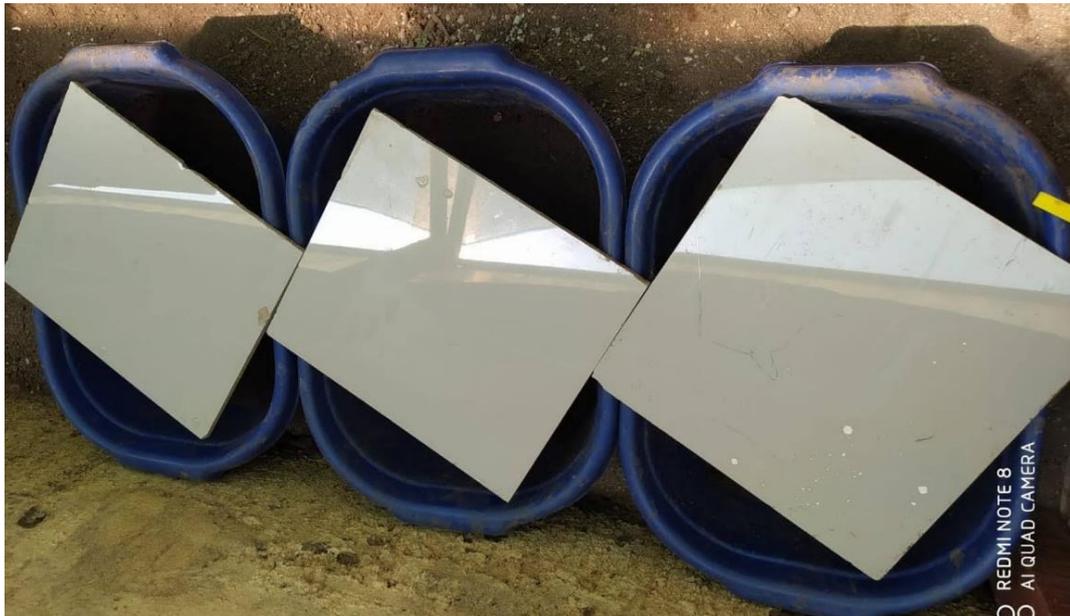
Tratamiento: Dosis (ml/15 L)	pH	OD mg/ L	CE µS/cm	TDS ppm	PSU	T° de Agua	Longitu d de raíz (cm)	Altur a de plant a (cm)	Número de hojas
T0:Testigo (L)	6.8	0.5	3,149.6	1,516.0	1.7	16.8	12.5	7.3	5.0
T0:Testigo (L)	5.9	0.5	3,873.0	1,933.0	2.1	18.1	17.9	14.0	7.0
T0:Testigo (L)	7.1	0.5	3,172.0	1,586.2	1.7	13.4	18.8	19.2	8.0
T0:Testigo (L)	7.4	0.5	3,567.4	1,775.0	1.9	16.1	20.9	28.6	12.3
T0:Testigo (L)	7.9	0.5	2,344.0	1,186.0	1.2	16.8	23.2	41.4	16.3
T7:D1	8.3	0.5	2,024.2	1,011.8	1.0	15.7	9.3	6.6	5.0
T7:D1	8.2	0.5	2,194.0	1,096.8	1.1	15.6	6.1	6.0	4.3
T7:D1	8.2	0.5	2,000.2	1,000.0	1.0	16.5	8.6	6.7	4.3
T7:D1	8.4	0.5	2,105.2	1,052.8	1.1	16.6	7.3	11.0	5.7
T7:D1	8.3	0.5	2,282.0	1,140.0	1.2	16.6	7.5	9.4	4.7
T7:D1	8.3	0.5	1,680.4	843.0	0.9	17.2	8.0	9.3	5.7
T7:D1	8.4	0.5	2,233.4	1,116.6	1.2	14.7	10.0	13.3	7.0
T7:D1	8.3	0.5	2,458.4	1,228.4	1.3	14.5	9.4	11.5	6.7
T7:D1	8.2	0.5	2,327.2	1,164.8	1.2	14.8	10.4	11.5	7.0
T7:D1	8.3	0.5	2,470.6	1,235.0	1.3	17.9	11.7	20.4	8.3
T7:D1	8.2	0.5	2,766.0	1,381.2	1.4	18.0	15.5	19.1	7.7
T7:D1	8.1	0.5	2,767.2	1,383.8	1.4	18.7	15.7	17.9	8.0
T7:D1	8.0	0.5	2,232.6	1,115.0	1.2	18.2	18.3	24.5	8.3
T7:D1	7.8	0.5	2,188.6	1,094.4	1.1	15.2	22.2	16.7	7.3
T7:D1	7.8	0.5	2,087.0	1,044.0	1.1	15.2	22.8	19.1	7.0
T7:D1	8.6	0.5	1,853.4	927.0	1.0	15.4	17.4	25.4	7.3
T7:D1	7.8	0.5	1,738.6	869.0	0.9	15.5	19.0	19.3	7.7
T7:D1	7.7	0.5	1,760.0	880.0	0.9	15.7	21.4	21.5	9.0
T7:D1	8.7	0.5	1,742.6	871.2	0.9	14.7	23.2	31.4	9.0
T7:D1	8.8	0.5	2,015.4	1,007.2	1.0	14.3	23.8	29.5	10.0
T7:D1	8.8	0.5	1,810.0	905.0	0.9	14.6	22.6	25.4	9.7
T7:D1	8.0	0.5	1,536.8	768.4	0.8	16.5	22.7	38.3	11.2
T7:D1	7.9	0.5	1,662.2	833.8	0.9	16.8	24.7	29.4	12.2
T7:D1	7.9	0.5	1,462.0	731.4	0.7	17.7	27.5	30.6	13.0
T8:D2	8.2	0.5	2,048.0	1,024.0	1.1	15.1	5.6	3.8	4.0
T8:D2	8.1	0.5	2,095.6	1,048.6	1.1	15.8	6.7	5.0	4.0
T8:D2	8.2	0.5	2,164.4	1,082.2	1.1	16.4	6.6	5.2	4.0
T8:D2	8.3	0.5	2,115.6	1,059.0	1.1	16.1	7.4	7.8	5.3
T8:D2	8.1	0.5	2,243.4	1,121.0	1.2	16.7	6.4	9.1	5.0
T8:D2	8.2	0.5	2,220.8	1,109.6	1.1	17.0	7.0	5.5	5.0
T8:D2	8.4	0.5	2,201.0	1,100.8	1.1	14.3	7.2	8.7	6.3
T8:D2	8.2	0.5	2,440.4	1,220.4	1.3	14.4	6.2	9.8	7.0
T8:D2	8.4	0.5	2,307.6	1,155.0	1.2	14.8	6.5	5.8	5.7
T8:D2	8.2	0.5	2,405.4	1,201.0	1.3	16.9	11.0	14.1	7.3
T8:D2	8.1	0.5	2,815.4	1,407.4	1.5	18.7	12.0	16.6	8.0
T8:D2	8.3	0.5	2,454.4	1,226.8	1.3	18.5	10.8	12.0	6.7
T8:D2	8.9	0.5	2,248.0	1,144.2	1.2	14.4	13.6	20.2	5.7
T8:D2	7.8	0.5	1,970.0	985.0	1.0	15.1	15.7	18.6	6.7
T8:D2	8.0	0.5	2,470.8	1,238.6	1.3	15.4	13.1	14.0	7.0
T8:D2	8.0	0.5	1,675.4	828.0	0.9	14.7	19.1	20.0	7.3
T8:D2	7.8	0.5	1,743.6	872.0	0.9	15.1	18.2	23.7	8.7
T8:D2	7.7	0.5	2,360.6	1,182.8	1.2	15.5	12.7	16.9	8.0
T8:D2	8.6	0.5	1,942.8	963.6	1.0	14.1	20.7	27.0	9.0
T8:D2	8.0	0.5	1,667.4	832.4	0.8	16.1	21.0	33.1	10.7
T8:D2	8.0	0.5	1,657.0	827.8	0.8	17.2	17.7	22.2	9.7
T8:D2	8.0	0.5	1,667.4	832.4	0.8	16.1	17.2	33.0	10.3



T8:D2	8.0	0.5	1,657.0	827.8	0.8	17.2	20.2	29.6	12.7
T8:D2	8.0	0.5	1,669.6	833.0	0.9	17.1	15.4	32.7	10.0
T9:D3	8.2	0.5	2,430.0	1,215.0	1.3	15.8	6.0	4.8	4.0
T9:D3	8.2	0.5	2,336.2	1,167.6	1.2	15.5	5.5	4.3	4.0
T9:D3	8.1	0.5	2,357.0	1,177.0	1.2	15.5	6.8	4.3	4.0
T9:D3	8.3	0.5	2,515.0	1,258.0	1.3	16.7	4.8	6.7	4.7
T9:D3	8.3	0.5	2,388.8	1,195.0	1.2	16.6	5.5	6.2	5.0
T9:D3	8.3	0.5	2,341.6	1,170.0	1.2	17.1	5.3	5.5	4.3
T9:D3	8.3	0.5	2,716.0	1,359.0	1.4	14.7	4.6	10.1	6.3
T9:D3	8.4	0.5	2,528.6	1,264.2	1.3	14.6	6.4	8.3	6.3
T9:D3	8.3	0.5	2,421.2	1,210.6	1.3	14.9	5.3	6.4	6.0
T9:D3	8.2	0.5	3,056.2	1,528.8	1.6	19.1	7.8	16.7	8.0
T9:D3	8.2	0.5	2,754.6	1,377.2	1.4	17.9	12.0	12.1	7.3
T9:D3	8.2	0.5	2,545.8	1,267.6	1.3	1.3	10.7	7.3	6.0
T9:D3	7.9	0.5	2,318.0	1,161.0	1.2	14.8	10.0	19.4	6.0
T9:D3	7.9	0.5	2,619.6	1,311.0	1.4	15.6	16.0	16.1	7.0
T9:D3	8.0	0.5	2,671.0	1,335.0	1.4	15.7	12.0	10.9	5.7
T9:D3	7.9	0.5	2,820.6	1,410.4	1.5	15.7	11.4	22.2	7.7
T9:D3	7.9	0.5	2,939.0	1,468.8	1.5	15.0	16.6	17.3	8.7
T9:D3	7.9	0.5	2,820.6	1,410.4	1.5	15.7	10.0	12.1	6.7
T9:D3	8.5	0.5	2,168.2	1,085.0	1.1	14.2	13.5	31.2	8.3
T9:D3	8.6	0.5	2,064.0	1,031.6	1.1	14.5	16.8	23.6	10.3
T9:D3	8.6	0.5	1,979.4	989.0	1.0	14.5	14.0	21.3	8.7
T9:D3	8.1	0.5	1,979.8	989.0	1.0	16.7	13.0	34.5	10.2
T9:D3	8.1	0.5	1,936.4	966.0	1.0	16.8	16.3	28.2	12.5
T9:D3	8.1	0.5	1,777.6	890.0	0.9	18.0	15.3	23.4	10.0



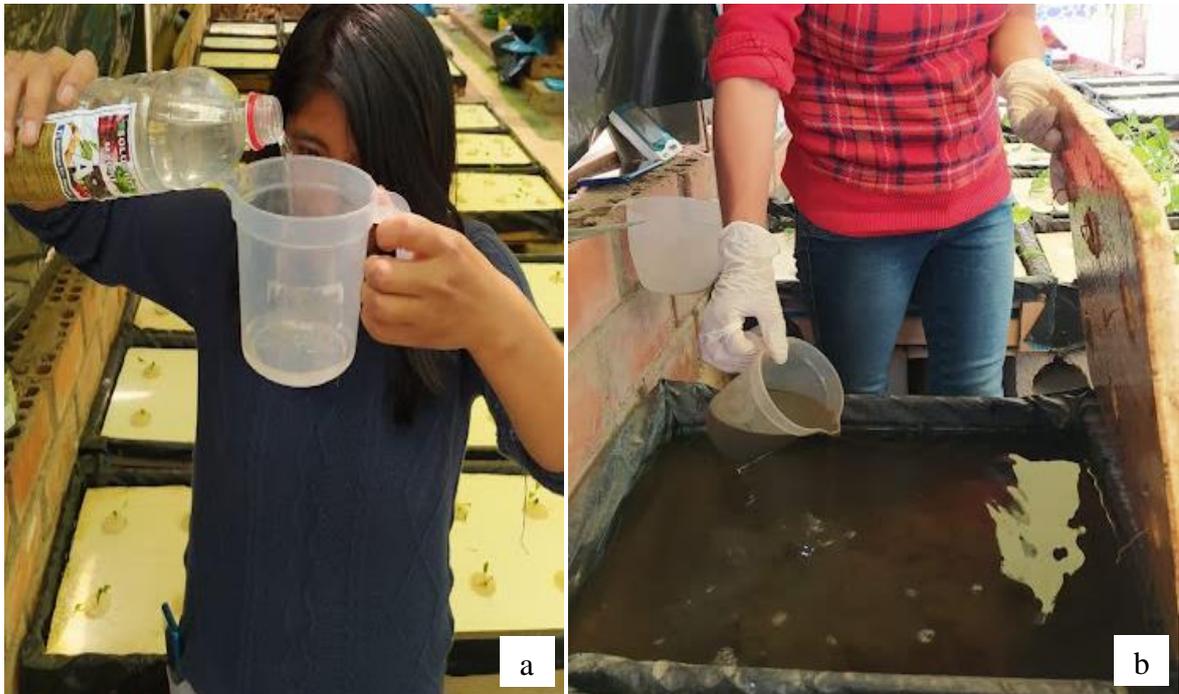
Anexo 5. Abono orgánico líquido-biol; a. mezcla de insumos, b. descomposición anaeróbica, c. cosecha de biol.



Anexo 6. Germinación de hortalizas (acelga, repollo y lechuga).



Anexo 7. Instalación de unidades experimentales en el lugar de estudio (invernadero).



Anexo 8. Aplicación de abonos líquidos en las cajas; a. abono inorgánico, b. abono líquido-biol



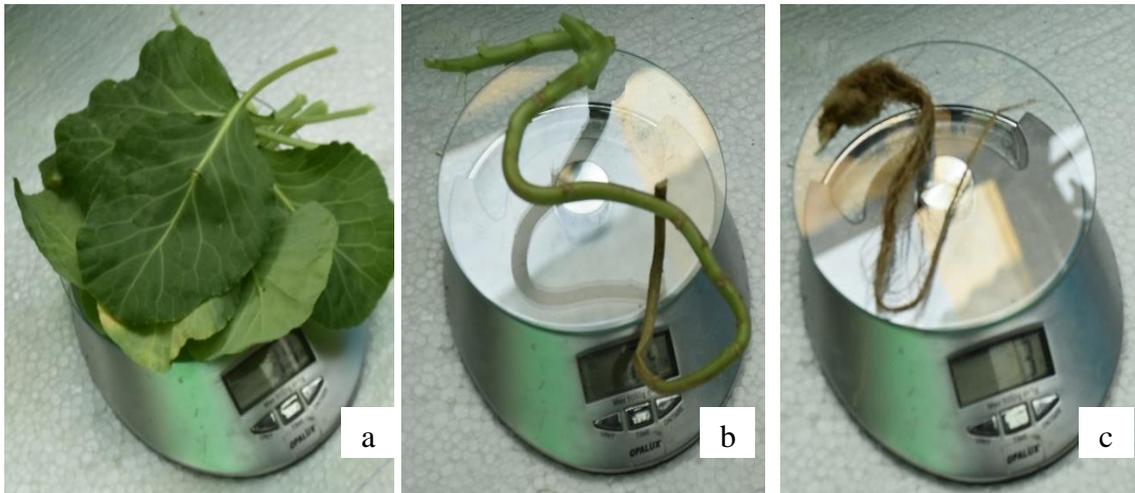
Anexo 9. Medición de las hortalizas; a. altura de la planta, b. longitud de raíz



Anexo 10. Monitoreo; a. oxigenación de la solución nutritiva, b. medición de los parámetros de agua



Anexo 11. Medición en el día de cosecha; a. acelga, b. repollo, c. lechuga



Anexo 12. Pesaje de repollo; a. peso de hoja; b. peso de talluelo; c. peso de raíz.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
Dirección de Proyección Social y Extensión Cultural
Sub Unidad de Gestión Ambiental

CONSTANCIA

INVESTIGACIÓN DE PRE-GRADO

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

QUE LA Srta. **MARISOL SHEYLA CHAMBI ALARCON**, IDENTIFICADO CON DNI N° 70242300, 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: "PRODUCCIÓN HIDROPÓNICA UTILIZANDO ABONO LIQUIDO - BIOL, EN CULTIVOS DE ACELGA, REPOLLO Y LECHUGA EN CONDICIONES DE INVERNADERO, PUNO-PERÚ", EN EL INVERNADERO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, OFICINA DE GESTIÓN AMBIENTAL, DESDE ABRIL 2021 HASTA ENERO 2022, POR UN PERIODO DE 10 MESES.

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

PUNO, 18 DE AGOSTO DEL 2022.



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