UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA

EFECTO DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE BIOL BOVINO EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO PRODUCTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) BAJO UN SISTEMA HIDROPÓNICO DE RAÍZ FLOTANTE EN PUCALLPA.

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO AGRONOMO

EMI IVIS SILVA LOZANO

Pucallpa-Perú

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

ANEXO 4

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de la tesis, presentado por **Emi Ivis Silva Lozano,** denominada: **"Efecto de diferentes concentraciones de biol bovino en el crecimiento y rendimiento productivo de lechuga (*Lactuca sativa L.*) bajo un sistema hidropónico de raíz flotante en Pucallpa"** para cumplir con el requisito de **TÍTULO PROFESIONAL**.

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por la sustentante lo declaramos: APROBADO POR UNANIMIDAD con el calificativo (*) DIECISEIS (16)

En consecuencia, queda en condición de ser considerado Apto por el Consejo Universitario y recibir el: Título de **INGENIERO AGRÓNOMO**, de conformidad con lo estipulado en Art. 10 del reglamento general de grados académicos, título profesional y título de segunda especialidad profesional de la Universidad Nacional de Ucayali.

Pucallpa, 13 de NOVIEMBRE de 2024.

M. Sc. José Antonio López Ucariegue
Presidente

Ing. Isaías Gonzalez Ramírez
Primer Miembro

Dra. Glendy Sánchez Sunción
Segundo Miembro

Dr. Fernando Pérez Leal
Asesor

(*) De acuerdo con el Art. 21 del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, éstas deberán ser calificadas con términos de Sobresaliente, Aprobado por Unanimidad, Aprobado por Mayoría y Desaprobado.

ACTA DE APROBACION DE TESIS

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título de Ingeniero Agrónomo.

M. Sc. José Antonio López Ucariegue ..... PRESIDENTE

Ing. Isaías Gonzalez Ramírez ..... PRIMER MIEMBRO

Dra. Glendy Sánchez Sunción ..... SEGUNDO MIEMBRO

Dr. Fernando Pérez Leal ..... ASESOR

Bach. Emi Ivis Silva Lozano ..... TESISTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº **V/0569-2024**.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"EFECTO DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE BIOL BOVINO EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO PRODUCTIVO DE LECHUGA (LACTUCA SATIVA L.) BAJO UN SISTEMA HIDROPÓNICO DE RAÍZ FLOTANTE EN PUCALLPA."

Autor(es)	:	**SILVA LOZANO, EMI IVIS**
Facultad	:	**CIENCIAS AGROPECUARIAS**
Escuela	:	**AGRONOMÍA**
Asesor(a)	:	**Dr. PÉREZ LEAL FERNANDO**

Presenta un **porcentaje de similitud de 8%,** verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 16/10/2024

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Emi Luis Silva Lozano

Autor de la tesis titulada : Efecto de diferentes concentraciones de biol bovino en el crecimiento y rendimiento productivo de lechuga (Lactuca Sativa L.) variedad White Boston bajo un sistema hidroponico de raiz flotante en Pucallpa.

Sustentada el año 2024

Asesor(a): Dr. Fernando Perez Leal

Facultad: Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional: Agronomia

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [✓]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 27 / 11 / 24

Email: lozanoemiosu@gmail.com Firma:

Teléfono: 972616591 DNI: 71447628

www.repositorio.unu.edu.pe
repositorio@unu.edu.pe

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la vida, ser mi guía y fortaleza para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñando a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi madre **Lida Lozano**, quien me ha formado con buenos sentimientos, hábitos y valores, siendo mi pilar más importante y fuente inagotable de fortaleza y amor. Tus enseñanzas y cariño han dejado una huella imborrable en mi vida; mi éxito académico refleja tu dedicación.

A mi padre **Lelis Silva**, por tu influencia, apoyo y consejos fundamentales en mi educación, y por enseñarme a ser fuerte y valiente. A mis hermanas, **Ida**, **Lía**, **Emily** y **Maricel**, por su apoyo incondicional y motivación esenciales en mi trayectoria académica.

AGRADECIMIENTOS

- Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Ucayali por ofrecerme una educación de calidad y brindarme las oportunidades que han dado forma a mi futuro. Cada día en este campus ha sido una experiencia enriquecedora, y mi tiempo aquí ha sido un viaje de crecimiento y aprendizaje que valoro profundamente.
- A los docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Agronomía, mi más sincero reconocimiento y gratitud. Su dedicación y rigor en la enseñanza han sido fundamentales para mi desarrollo académico y profesional. Llevaré conmigo los conocimientos adquiridos y la inspiración que me han transmitido a lo largo de esta etapa.
- Un agradecimiento especial al asesor Dr. Fernando Pérez Leal, por su invaluable guía, paciencia y sabiduría. Su apoyo constante y su compromiso con mi investigación han sido esenciales para la culminación de esta tesis.
- Agradezco profundamente al Dr. Edgardo Leoncio Braul Gomero, quien ha sido como un padre para mí. Su apoyo moral continuo han sido una fuente constante de estímulo e inspiración. Su contribución a mi desarrollo académico y profesional ha sido invaluable, y su aliento en momentos de dificultad ha sido una gran motivación para seguir adelante.

INDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN……x

ABSTRACT……..xi

INDICE DE TABLAS……xii

INDICE DE FIGURAS……..xiii

INTRODUCCIÓN……14

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA……16

1.1. DESCRIPCIÓN Y FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA……16

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA……17

1.3. OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS……...18

1.4. HIPÓTESIS Y/O SISTEMA DE HIPÓTESIS……..18

1.5. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES……...19

1.6. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA……20

CAPITULO II: MARCO TEORICO……24

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN……..24

2.2. BASES TEÓRICAS……30

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES……41

CAPITULO III: METODOLOGÍA……51

3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN……..51

3.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN……..51

3.2.1. POBLACIÓN Y MUESTRA……52

3.3. COMPONENTES EN ESTUDIO……..52

3.4. TRATAMIENTOS EN ESTUDIO……...52

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL……53

3.6. EJECUCIÓN DEL EXPERIMENTO……..54

3.6.1. Ubicación y duración del estudio……..54

3.6.2. Condiciones ecológicas y climáticas……....55

3.6.3. Proceso experimental……55

3.6.4. VARIABLES EVALUADAS……..60
3.6.5. DATOS REGISTRADOS…….63
CAPITULO IV. RESULTADOS……64
4.1 ALTURA DE PLANTA……67
4.2. DIÁMETRO DE CABEZA DE LECHUGA (CM)……...69
4.3. NÚMERO DE HOJAS……..70
4.4. LONGITUD DE RAÍZ (CM)……71
4.5. PESO FRESCO DE BIOMASA TOTAL (G)……72
4.6. PESO SECO DE BIOMASA (G)……73
CAPITULO V. DISCUSIÓN……74
CAPITULO VI. CONCLUSIONES……..77
CAPITULO VII. RECOMENDACIONES……..78
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS……..79
VIII. ANEXOS……85

RESUMEN

El presente estudio de investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Hidroponía de la Universidad Nacional de Ucayali con el objetivo de evaluar el crecimiento productivo de la lechuga White Boston durante 45 días después del trasplante. Se utilizó el Diseño Estadístico Completo al Azar (DCA) para someter los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5. Se encontraron diferencias significativas en la altura de las plantas entre los tratamientos, destacándose el tratamiento T2 (Biol bovino al 5%) con una altura promedio de hoja de 26.18 cm. Estos resultados subrayaron la importancia de seleccionar la concentración óptima de biol bovino para mejorar el crecimiento de las plantas. En cuanto al diámetro de la cabeza de la lechuga, el tratamiento T2 (Biol bovino al 5%) también se destacó, alcanzando un promedio de 27.95 cm, superior al de los otros tratamientos. El número de hojas y la longitud de la raíz fueron mayores en el tratamiento T2, con promedios de 32.73 hojas y 41.88 cm, respectivamente, lo que evidenció un crecimiento más vigoroso. Asimismo, el peso fresco y seco de la biomasa total de las plantas mostró variaciones notables. El tratamiento T2 (Biol bovino al 5%) superó significativamente a los demás tratamientos, con un peso fresco promedio de 259.43 g y un peso seco de 9.86 g. Estos resultados demostraron que el biol bovino al 5% no solo favoreció el crecimiento en altura y diámetro, sino que también mejoró el rendimiento total de la biomasa.

. **Palabras clave**: Biol bovino, hidroponía, lechuga white boston, crecimiento de plantas, concentración de biol, biomasa

ABSTRACT

The present research study was conducted at the Hydroponics Laboratory of the National University of Ucayali with the aim of evaluating the productive growth of White Boston lettuce over 45 days after transplanting. A Complete Randomized Design (CRD) was used to subject the treatments T1, T2, T3, T4, and T5. Significant differences were found in the height of the plants among the treatments, with treatment T2 (5% bovine biol) standing out, achieving an average leaf height of 26.18 cm. These results highlighted the importance of selecting the optimal concentration of bovine biol to enhance plant growth. Regarding the diameter of the lettuce heads, treatment T2 (5% bovine biol) also excelled, reaching an average of 27.95 cm, superior to the other treatments. The number of leaves and root length were greater in treatment T2, with averages of 32.73 leaves and 41.88 cm, respectively, indicating more vigorous growth. Additionally, the fresh and dry weight of the total biomass of the plants showed notable variations. Treatment T2 (5% bovine biol) significantly outperformed the other treatments, with an average fresh weight of 259.43 g and a dry weight of 9.86 g. These results demonstrated that 5% bovine biol not only favored growth in height and diameter but also improved the total biomass yield.

. **Keywords:** bovine bioslurry, hydroponics, white boston lettuce, plant growth, bioslurry concentration, biomass

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Contenido nutricional de la lechuga en 100g de peso seco 37

Tabla 2: Composición de la solución A conforme con la universidad la Molina 40

Tabla 3: Composición de la solución B conforme con la universidad la Molina 41

Tabla 4 Composición química del biol bovino 49

Tabla 5 Tratamientos en el estudio de crecimiento y rendimiento de lechuga 53

Tabla 6: Estructura del análisis de la variancia del estudio 54

Tabla 7: Cantidad de las soluciones nutritivas aplicadas 58

Tabla 8: Cantidad de biol aplicado en dos fracciones. 60

Tabla 9: Datos registrados al momento del experimento. 63

Tabla 10: Análisis de varianza general. 64

Tabla 11: Pruebas de significancia de Tukey (α=0.05) 65

Tabla 12: Pruebas de significancia de Tukey (Altura de planta, Diámetro de cabeza de lechuga y umero de hojas) (α=0.05) 66

Tabla: 13: Pruebas de significancia de Tukey (Longitud de raíz, peso fresco y peso seco) (α=0.05) 67

Tabla 14 Tratamientos en estudio: 67

Tabla 15: Dimensiones y cualidades del estudio 87

Tabla 16: Datos climatológicos durante los meses de estudio 87

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Componentes del fermentador para el biol bovino..... 56

Figura 2: Promedio de altura de planta a los 45 días. 68

Figura 3: Promedio de diámetro de cabeza a los 45 días. 69

Figura 4: Promedio de número de hojas a los 45 días. 70

Figura 5: Promedio de la longitud de raíz a los 45 días. 71

Figura 6: Promedio de peso fresco de biomasa a los 45 días. 72

Figura 7: Promedio de peso seco de biomasa a los 45 días. 73

Figura 8: Croquis de distribución de los tratamientos. 86

Figura 9: Ubicación del área de estudio en el laboratorio de hidroponía de la UNU. 86

Figura 10: Datos Recolectados de la altura de plantas 88

Figura 11: Datos Recolectados del diámetro de la cabeza 88

Figura 12: Datos Recolectados de la longitud de la Raíz 89

Figura 13: Construcción del invernadero 89

Figura 14: Construcción de las mesas y de las bandejas hidropónicas. 90

Figura 15: Limpieza del cilindro para la preparación del biol 90

Figura 16: Preparación del biol bovino líquido (albaca, melaza, chancaca, levadura, agua y estiércol) 91

Figura 17: Aplicación del biol bovino 91

Figura 18: Perforación del tecnoport. 92

Figura 19: Trasplante de las plántulas 92

Figura 20: Supervisión del crecimiento de los testigos, junto a mis jurados. 93

Figura 21: Evaluaciones y toma de datos (Medida de las hojas, tallos, cabeza) 93

INTRODUCCIÓN

La producción agrícola enfrenta desafíos constantes para satisfacer la creciente demanda de alimentos de manera sostenible. En este contexto, la hidroponía emerge como una técnica innovadora y eficiente para cultivar plantas sin la necesidad de suelo, utilizando soluciones nutritivas para proporcionar los nutrientes esenciales directamente a las raíces. Entre los cultivos hidropónicos más comunes se encuentra la lechuga (*Lactuca sativa* L.), una hortaliza de alto consumo global debido a su valor nutritivo y versatilidad en la gastronomía.

Según diversos estudios (García, 2023 y Pérez, 2024), la lechuga, al ser un cultivo de rápido crecimiento y ciclo corto, se adapta bien a los sistemas hidropónicos, permitiendo obtener cosechas más rápidas y con una mejor gestión de recursos. Sin embargo, la optimización de los nutrientes en estos sistemas es crucial para maximizar el rendimiento y la calidad del producto final. En este sentido, el uso de bioles, fertilizantes orgánicos líquidos obtenidos a partir de la fermentación anaeróbica de estiércol bovino y otros residuos orgánicos, se presenta como una alternativa productiva.

El biol bovino, no solo aporta nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, sino también mejora la salud del sistema radicular y la resistencia de las plantas a enfermedades. No obstante, la eficacia del biol depende de su concentración y la forma en que se aplica en el sistema hidropónico. Por ello, es fundamental investigar y determinar las concentraciones óptimas de biol bovino maximizar el crecimiento y el rendimiento productivo de la lechuga en sistemas de raíz flotante. (Universidad Agrícola, 2017)

La presente tesis se centra en determinar el efecto de diferentes concentraciones de biol bovino en el crecimiento y rendimiento productivo de lechuga cultivada bajo un sistema hidropónico de raíz flotante en Pucallpa. El trabajo se desarrolló en varias etapas: primero, se prepararán y caracterizarán las

diferentes concentraciones de biol bovino; luego, se implementará el sistema hidropónico de raíz flotante y se monitoreará el crecimiento de las plantas de lechuga bajo cada tratamiento. Finalmente, se analizó los datos obtenidos para determinar la concentración de biol más efectiva en términos de crecimiento y rendimiento. Este estudio no solo aportará conocimientos valiosos para la comunidad científica y agrícola de Pucallpa, sino que también contribuirá a la sostenibilidad de la producción agrícola, reduciendo la dependencia de fertilizantes químicos y promoviendo el uso de alternativas orgánicas. Además, los resultados obtenidos podrían ser aplicables a otros cultivos y regiones, ampliando el impacto positivo del uso de bioles en la agricultura hidropónica.

Este estudio pretende demostrar que la aplicación de biol bovino en sistemas hidropónicos no solo es viable, sino también beneficiosa para la producción de lechuga. Al identificar las concentraciones óptimas, se espera mejorar tanto la productividad como la calidad del cultivo, ofreciendo una solución práctica y ecológica a los desafíos agrícolas contemporáneos. La integración de prácticas orgánicas en la hidroponía puede revolucionar la manera en que se produce alimentos, fomentando una agricultura más responsable y consciente del medio ambiente.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y Fundamentación del Problema.

La lechuga es ampliamente cultivada en diferentes sistemas, siendo un alimento común en muchas mesas familiares. Por tanto, es crucial emplear tecnologías avanzadas para mejorar su producción y rendimiento. Sin embargo, en Pucallpa se pasa por alto el uso de nutrientes líquidos, como los utilizados en la hidroponía, así como abonos líquidos, como el biol bovino, que podrían beneficiar su cultivo. Según (Casaca, 2005), la lechuga es consumida fresca, principalmente en comidas rápidas, gracias a su alto contenido de agua y bajo valor energético, lo que la hace ideal para dietas bajas en calorías o de pérdida de peso.

Además, (Tafet, 2022) destaca que los avances científicos en la comprensión de las necesidades nutritivas de las plantas, incluida la identificación de macronutrientes y micronutrientes, han impulsado el desarrollo de la hidroponía como una técnica importante. Esta técnica no solo reduce el consumo de agua en un 70% a 90% en comparación con los métodos de cultivo convencionales, sino que también ofrece la posibilidad de ser implementada en áreas urbanas, lo que ayuda a evitar la sobreexplotación del territorio natural.

El consumo de lechuga en la región Ucayali es bastante alto, ya que esta verdura es muy popular y valorada en la zona. No obstante, es importante tener en cuenta que la cantidad de lechuga consumida puede variar según los diferentes distritos de la región, las preferencias culinarias y las estaciones del año. La lechuga se utiliza en una variedad de platos como ensaladas, sándwiches y otros platos en muchas partes del Perú y específicamente en la región Ucayali. Según datos del (INEI, 2009), el consumo promedio por

persona en la región Ucayali es de 0.65 kilogramos al mes. El cultivo de lechuga mediante hidroponía es una opción muy beneficiosa para impulsar el desarrollo económico y social de numerosas familias agrícolas en la región Ucayali. Sin embargo, la falta de investigaciones sobre el impacto de soluciones nutritivas y abonos orgánicos locales, como el biol bovino, impide que se pueda considerar como una alternativa viable para el cultivo de lechuga. Según Martin (2003), el biol juega un papel crucial al fortalecer el equilibrio nutricional de la planta, actuando como un mecanismo de defensa. El biol se considera un fitoestimulante complejo que, al aplicarse en semillas o en el follaje de los cultivos, estimula el crecimiento de raíces y aumenta la capacidad de fotosíntesis de la planta, lo que mejora significativamente la producción y calidad de las cosechas (Medina, 1992).

Actualmente, en los sistemas hidropónicos de raíz flotante se utilizan soluciones químicas para la producción de lechugas. No obstante, se está explorando una alternativa orgánica para mejorar la producción y calidad de las lechugas, como la aplicación de biol bovino como solución nutritiva. Además, se busca determinar la concentración óptima de biol bovino que pueda mejorar el rendimiento productivo del cultivo de lechugas en estos sistemas, con el objetivo de introducir innovaciones en este ámbito.

1.2. Formulación del Problema.

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de diferentes concentraciones de biol bovino en el crecimiento y rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo un sistema hidropónico de raíz flotante en Pucallpa?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la concentración de biol bovino más efectivo en el crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo un sistema hidropónico de raíz flotante en Pucallpa?
- ¿Cuál es la concentración más efectiva de biol bovino para mejorar el rendimiento productivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo un sistema hidropónico de raíz flotante en Pucallpa?

1.3. Objetivo General y Objetivos Específicos

1.3.1. Objetivo General

Determinar el efecto de diferentes concentraciones de biol bovino en el crecimiento y rendimiento productivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo un sistema hidropónico de raíz flotante en Pucallpa.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto de cuatro concentraciones de biol bovino en el crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo un sistema hidropónico de raíz flotante.
- Evaluar el efecto de cuatro concentraciones de biol bovino en el rendimiento productivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo un sistema hidropónico de raíz flotante.

1.4. Hipótesis y/o Sistema de Hipótesis

1.4.1. Hipótesis General

La aplicación de diferentes concentraciones de biol bovino en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.) en un sistema hidropónico de raíz flotante influye significativamente en el crecimiento y rendimiento productivo de la planta.

1.4.2. Hipótesis Específicas

- La aplicación de diferentes concentraciones de biol bovino influirá significativamente en el crecimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en un sistema hidropónico de raíz flotante.
- Al aplicar diferentes concentraciones de biol bovino en un sistema hidropónico de raíz flotante, por lo menos una de ellas nos permitirá obtener un mayor rendimiento productivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.).

1.5. Operacionalización de las Variables

1.5.1. *Variable Independiente*:

Concentración de Sustratos

- Testigo (Solución hidropónica La Molina al 100%)
- Biol bovino al 5%
- Biol bovino al 10%
- Biol bovino al 15%
- Biol bovino al 20%

1.5.2. *Variable Dependiente:*

Crecimiento

- Altura de planta (cm)
- Diámetro de cabeza (cm)
- Número de hojas
- Longitud de raíz (cm)

Rendimiento Productivo

- Peso fresco de biomasa (g)
- Peso seco de biomasa (g)

1.6. Justificación e Importancia

La lechuga es un cultivo ampliamente consumido en todo el mundo debido a sus propiedades nutricionales y beneficios para la salud. Investigar el efecto del biol bovino en el crecimiento y rendimiento de lechuga puede contribuir a mejorar la productividad y la calidad de este cultivo, lo que puede tener un impacto positivo en la seguridad alimentaria y la economía local.

En Pucallpa existen zonas ganaderas que no se vienen aprovechando los desechos del ganado como la vacaza. Según Luna, (2014), indica que la cantidad de los residuos sólidos generado por el ganado vacuno en promedio de excretas es de 4.44 kg/día por individuo, dando como resultado una producción de 95004 toneladas. Estos resultados muestran que la región Ucayali tiene un alto potencial de generación de residuos sólidos (excretas) de ganado vacuno, insumo principal para la elaboración del biol, la cual se plantea como alternativa para reducir los insumos químicos ya que al aplicar biol bovino como fuente de nutrientes se considera una forma de fertilización orgánica. Al investigar su eficacia en la lechuga hidropónica, se promueve la adopción de prácticas agrícolas más sostenibles y amigables con el medio ambiente, por la demanda y creciente necesidad de contrarrestar el uso de químicos para la producción lechuga.

a) Justificación Teórica

El uso de bioles en la agricultura hidropónica se fundamenta en la necesidad de encontrar alternativas sostenibles a los fertilizantes químicos convencionales. Los bioles, derivados de la fermentación de residuos orgánicos, contienen una variedad de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, que son cruciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Teóricamente, estos nutrientes pueden ser absorbidos más eficientemente en sistemas hidropónicos debido a la disponibilidad directa a

las raíces. Además, la utilización de bioles puede mejorar la salud del sistema radicular y aumentar la resistencia de las plantas a enfermedades, factores que son críticos para la producción agrícola eficiente y sostenible. Este estudio contribuirá al cuerpo de conocimientos existentes al proporcionar datos empíricos sobre las concentraciones óptimas de biol bovino para maximizar el crecimiento y rendimiento de la lechuga en sistemas hidropónicos.

b) Justificación Práctica

Desde una perspectiva práctica, la investigación sobre el uso de bioles en sistemas hidropónicos tiene el potencial de revolucionar las prácticas agrícolas. La lechuga es un cultivo ideal para estos sistemas debido a su rápido crecimiento y alta demanda. Implementar biol bovino en la solución nutritiva puede ofrecer a los agricultores una alternativa accesible y efectiva para mejorar la producción de lechuga. Además, el estudio ofrece una guía práctica sobre cómo preparar y aplicar diferentes concentraciones de biol, facilitando su adopción por parte de los agricultores locales y de otras regiones. La implementación de estos hallazgos en la práctica agrícola puede resultar en un manejo más eficiente de los recursos y en un aumento significativo de la productividad.

c) Justificación Ambiental

El uso de fertilizantes químicos en la agricultura tiene impactos negativos significativos en el medio ambiente, incluyendo la contaminación del suelo y del agua, y la emisión de gases de efecto invernadero. Los bioles, al ser productos orgánicos, representan una opción más ecológica que puede reducir estos impactos. La utilización de residuos orgánicos para producir biol contribuye a la gestión sostenible de los desechos, promoviendo un ciclo cerrado de nutrientes. Además, la implementación de bioles en sistemas hidropónicos puede reducir la necesidad de fertilizantes

químicos y su impacto ambiental asociado, contribuyendo a la conservación del medio ambiente. Este estudio tiene el potencial de fomentar prácticas agrícolas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente, alineándose con los objetivos globales de sostenibilidad y conservación ecológica.

d) Justificación Económica

La dependencia de fertilizantes químicos en la agricultura puede ser costosa y económicamente insostenible a largo plazo, especialmente para los pequeños agricultores. Los bioles, por ser productos de la fermentación de residuos orgánicos disponibles localmente, representan una alternativa más económica. La reducción de costos asociados a la compra de fertilizantes químicos, junto con el potencial aumento en el rendimiento de los cultivos de lechuga, puede traducirse en mayores márgenes de ganancia para los agricultores. Además, al mejorar la productividad y la calidad del cultivo, se pueden generar ingresos adicionales, fortaleciendo la economía local. Este estudio tiene el potencial de demostrar que la adopción de bioles no solo es una práctica sostenible, sino también económicamente beneficiosa.

e) Justificación social

La implementación de biol bovino en sistemas hidropónicos de cultivo de lechuga tiene una dimensión social significativa que puede beneficiar a diversas comunidades. En primer lugar, el uso de bioles promueve prácticas agrícolas más sostenibles y ecológicas, lo que contribuye a la salud pública al reducir la exposición a fertilizantes químicos y sus residuos en los alimentos. Esto es particularmente relevante en áreas urbanas y periurbanas, donde la demanda de productos frescos y libres de químicos es alta. Además, la producción de bioles a partir de residuos orgánicos puede fomentar la participación comunitaria en la gestión de

desechos y la producción de fertilizantes orgánicos. Esta práctica no solo genera un valor añadido a los residuos, sino que también fortalece el sentido de comunidad y la colaboración entre los productores locales. Las iniciativas de producción y uso de bioles pueden ser un catalizador para la creación de redes de agricultores y cooperativas, promoviendo el intercambio de conocimientos y experiencias sobre prácticas agrícolas sostenibles.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Gutiérrez (2021) llevo a cabo en Bogota – Colombia su investigacion titulada "Respuesta de la lechuga al uso de biopreparados provenientes del tratamiento de los residuos del eviscerado de la trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) mediante ensilaje químico", se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con tres tratamientos (T1: 10% de biopreparado, T2: 20% de biopreparado, y T3: 30% de biopreparado) y cinco bloques. Los resultados indicaron que la concentración del biopreparado influye en el rendimiento del cultivo, mostrando que el tratamiento T2 (20% de biopreparado) fue más efectivo que T1 (10% de biopreparado). Las variables evaluadas, como altura, área foliar, peso fresco y seco de la hoja, y peso fresco y seco de la raíz, respondieron favorablemente a los tratamientos T2 y T3. Estos hallazgos destacan el potencial del biopreparado a base de residuos de trucha arcoíris para su uso en la agricultura.

Gonzáles (2021) llevó a cabo un estudio en Santa Elena, Ecuador, con el objetivo de evaluar la producción de lechuga hidropónica de la variedad Vizir utilizando un sistema de raíces flotantes y tres tipos de bioestimulantes. El diseño experimental fue completamente al azar (DCA) con seis tratamientos. Cada unidad experimental consistió en 20 plantas por metro cuadrado y se realizaron cuatro repeticiones. Se mezclaron extracto de algas bioestimulantes (0.30 g/L) y óxido de silicio (0.25 cm^3/L) con la solución nutritiva y se aplicaron aminoácidos (1 g/L). Los resultados mostraron que el

tratamiento T1 alcanzó el mayor rendimiento con 4,268 g, una altura de 14.75 cm, un peso de hoja fresca de 122.09 g y un peso de raíz fresca de 12.35 g. Por otro lado, el tratamiento T4, que utilizó aminoácidos, produjo el mayor número de hojas con un promedio de 26 por planta, un consumo de agua de 1.39 litros por planta por ciclo, y un peso unitario de lechuga de 134.44 g.

Arcos *et al.* (2019) en su investigación titulada "Evaluación de dos sustratos y dos dosis de fertilización en condiciones hidropónicas bajo invernadero en lechuga (*Lactuca sativa L.*), Nariño - Colombia" se buscó determinar el efecto de dos tipos de sustratos (granzón de arena y ladrillo molido) y dos dosis de fertilizante en el desarrollo del cultivo de lechuga. Se evaluaron las variables de longitud de la hoja (LH), ancho de la hoja (AH), altura de la planta (AP), número de hojas (NH), diámetro de la cabeza de lechuga (DC), peso de la planta (PP) y rendimiento (RTO). El estudio empleó un diseño completamente al azar (DCA) con un arreglo factorial combinatorio y tres repeticiones. El factor A correspondió al tipo de sustrato (granzón de arena y ladrillo molido) y el factor B a la dosis de fertilización (dosis 1: 3 g de elementos mayores + 3 g de elementos menores y dosis 2: 6 g de elementos mayores + 6 g de elementos menores). Los resultados indicaron que el tratamiento con ladrillo molido y una dosis de 3 g de elementos mayores + 3 g de elementos menores produjo los mejores valores en todas las variables evaluadas.

Según Castellanos *et al.* (2019) se evaluó el impacto de un biofertilizante integrado en un soporte orgánico mineral en un cultivo de lechuga var. Batavia, en la Sabana de Bogotá. El estudio incluyó cinco tratamientos, cada uno con 22 plantas: compost + biofertilizante (T1), biofertilizante en soporte orgánico mineral (T2), biofertilizante común

(T3), fertilizante químico (T4) y un control absoluto (T5). Se realizaron muestreos microbiológicos para contar las poblaciones microbianas en tres momentos diferentes: a los 25, 46 y 68 días. Además, se llevó a cabo un muestreo agronómico al día 68, evaluando las hojas (longitud, área foliar, peso fresco y seco) y raíces (longitud, peso fresco y seco). Los resultados mostraron que los tratamientos compost + biofertilizante, biofertilizante en soporte orgánico mineral y fertilizante químico tuvieron un impacto significativo en los parámetros agronómicos evaluados en comparación con los otros tratamientos. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en las poblaciones microbianas entre los tratamientos.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Cotrina *et al*. (2022) en su investigación efectos del biol y súper biol en la producción agroecológica de la lechuga (*Lactuca sativa*) variedad seda en el centro poblado de Chinchopampa –Chaglla – Pachitea – Huánuco. El cual se realizó con el objetivo de conocer el efecto y rendimiento del biol y súper biol en la producción agroecológica de lechuga (Lactuca sativa) variedad: “seda”. El diseño experimental fue el Diseño Completamente Azar, se evaluó: altura, diámetro, peso, análisis fisicoquímico, análisis organoléptico y microbiológico. Los tratamientos estudiados fueron la concentración de biol y súper biol al 5% (T1), 7.5% (T2), 10% (T3) y testigo (T0), se colocó 10 plantas de lechugas por tratamiento. Los resultados mostraron, que el tratamiento T3 de súper biol con 10% obtuvieron mayor diámetro 19.65 cm, peso 557.5 g y altura de 10.83 cm y el T2 con biol con 7.5 % el diámetro fue de 16.50 cm, peso 428.2 g y altura 9.48 cm. Así mismo las características fisicoquímicas de la lechuga, el pH y acidez resultaron por encima de los valores permitidos, por ser cultivadas en suelos

ácidos. Con relación a las características microbiológicas de Escherichia coli y Salmonella resultó que todos los tratamientos estaban bajo los límites permisibles. En el análisis organoléptico la mejor aceptación en textura y apariencia fue el T2 con súper biol con 7.5%.

Medina *et al.* (2022) estudiaron la influencia de distintas concentraciones del bioabono "biol" en el cultivo hidropónico de lechuga (*Lactuca sativa var. Longifolia*). El objetivo del estudio fue evaluar cómo estas concentraciones afectan el crecimiento y desarrollo de esta variedad de lechuga en un medio hidropónico. Utilizando un diseño de estímulo creciente con doble control, se aplicaron cinco tratamientos con tres repeticiones cada uno, que consistieron en diluciones de biol al 5%, 10%, 15% y 20%, además de un control con solución nutritiva estándar. Los resultados mostraron que la concentración de biol al 20% produjo los mejores rendimientos en términos de peso total y longitud de hojas y raíces. La conclusión del estudio es que el biol representa una alternativa económica y ecológica viable para la fertilización de hortalizas en sistemas hidropónicos, aprovechando residuos orgánicos de manera rentable.

Mitma (2021) en su estudio investigó el "*Efecto de tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM-1) en el cultivo hidropónico de Lactuca sativa L. "lechuga" var. Crespa, Ayacucho 2020*." Para evaluar el efecto de diferentes concentraciones de microorganismos eficientes, se emplearon concentraciones de 0.00, 0.0086, 0.0171 y 0.0342%. Se llevó a cabo un estudio utilizando 12 contenedores de madera, cada uno equipado con poliestireno, y los agujeros se distribuyeron mediante el método de siembra de 3 bolillos, resultando en una densidad total de 240 plantas de lechuga. El diseño experimental utilizado fue un DCA con tres repeticiones. Los resultados

indicaron que el tratamiento 3 (EM-1) con una concentración microbiana de 0.0342% obtuvo el mayor rendimiento, alcanzando 2.43 kg/m², mientras que el tratamiento control mostró el menor rendimiento con 1.96 kg/m².

Inicio (2019), en su investigación titulada "Efecto de 4 dosis de biol en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad White Boston en Cajamarca", se buscó determinar el impacto de cuatro dosis de biol (50 mL, 100 mL, 150 mL y 200 mL) en el rendimiento de esta variedad de lechuga. La investigación se llevó a cabo utilizando un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, cuatro tratamientos y un control. El biol se aplicó a los 18 días del trasplante alrededor de cada planta siguiendo las dosis establecidas. Los resultados indicaron que, aunque no hubo una significancia estadística en el rendimiento del cultivo, sí se observó una diferenciación numérica. El tratamiento con 150 mL de biol (tratamiento 3) permitió cosechar 2.302 toneladas por hectárea, destacándose como el más efectivo numéricamente.

2.1.3. Antecedentes Locales

Huaroto (2023) hizo en su investigación: " Efecto de cuatro dosis del humus liquido de lombriz en el crecimiento y rendimiento del cultivo de lechuga (Lactuca sativa l.) en sistema hidropónico en Pucallpa", se centró en determinar cómo diferentes dosis de humus líquido de lombriz en el crecimiento y rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en sistema hidropónico. Estos tratamientos consistieron en aplicar 0, 6, 8, 10 y 12 litros de humus líquido de lombriz divididos en tres fracciones, con el fin de evaluar su influencia en variables como la altura de la planta, el diámetro de la cabeza, la longitud de la raíz, y el peso

fresco y seco de la biomasa total. Los resultados obtenidos indican que la aplicación de 12 litros de humus líquido de lombriz en la solución nutritiva produjo los mejores resultados en cuanto a la altura de la planta, el diámetro de la cabeza y la longitud de la raíz en el cultivo de lechuga, específicamente en la variedad Whi te Boston. Además, se observó que la dosis de 12 litros también generó los registros más altos de peso fresco y seco de la biomasa total de la lechuga.

Maldonado (2023) en su estudio: “Efecto de la aplicación de una dosis de humus liquido de lombriz en el crecimiento y rendimiento de cuatro variedades de lechuga (*Lactuca sativa* l.) cultivadas en solución nutritiva en Pucallpa – Ucayali 2023”, para evaluar el impacto de cuatro dosis de humus líquido de lombriz en el crecimiento y rendimiento de cuatro variedades de lechuga (Seda, White Boston, Crespa y Morada) en una solución nutritiva de Hoagland y Arnon, se llevó a cabo un experimento con un diseño completamente al azar y tres repeticiones. Se midieron la altura y el diámetro de la cabeza, la longitud de las hojas y las raíces, el número de hojas por planta y el peso fresco de la cabeza. Los resultados indicaron que la aplicación de humus líquido de lombriz resultó en los mejores promedios de altura de la cabeza en las variedades Crespa, Seda y White Boston, con 27.2, 27.1 y 27.0 cm, respectivamente. En cuanto a la longitud de las hojas, las variedades White Boston, Crespa y Seda obtuvieron 19.6, 19.5 y 19.1 cm. El diámetro de la cabeza fue mayor en las variedades Crespa, Seda y White Boston, con 23.9, 23.3 y 23.3 cm. Las variedades Seda, Crespa y White Boston también destacaron en el número de hojas por planta, con 40.3, 40.3 y 39.8 hojas, respectivamente. En términos de peso fresco de la cabeza, las variedades Seda, White Boston y Crespa

registraron los mayores pesos, con 97.2, 96.6 y 99.0 g, respectivamente, superando significativamente a la variedad Morada, que tuvo un peso de 39.7 g.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Origen de la Lechuga

Según Criollo (2020) menciona que: La lechuga, originaria de Asia menor y la costa sur del Mediterráneo, tiene un origen muy antiguo, con representaciones en una tumba egipcia de 4500 a.C. Domesticada probablemente en Egipto, su cultivo se remonta a hace 2500 años y era conocida por griegos y romanos. Inicialmente, las lechugas eran de hojas sueltas, aunque las variedades de cogollo aparecieron en Europa en el siglo XVI. Tras su domesticación, se difundió rápidamente por la cuenca del Mediterráneo y Europa Occidental, llegando a América en 1494.

2.2.2. Distribución Geográfica

Según Rogel (2018) indica que: En el Perú, la lechuga es una hortaliza muy relevante, particularmente en la región costera central, donde las condiciones climáticas y del suelo son óptimas para su cultivo. Esta verdura se ha convertido en una de las más conocidas y apreciadas en el país debido a su versatilidad culinaria, siendo un ingrediente fundamental en una amplia variedad de platos tradicionales y modernos. Su popularidad se debe también a sus beneficios nutricionales y su capacidad para agregar frescura y textura a las comidas.

2.2.3. Clasificación Taxonómica

De acuerdo con Corradini *et al*. (2017) la lechuga se clasifica de la siguiente manera:

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Orden: Magnoliopsida
- Familia: Asterales
- Sub familia: Chichorioideae
- Tribu: Lactuceae
- Género: *Lactuca*
- Especie: *Lactuca sativa* L.
- Nombre común: Lechuga

2.2.4. Descripción Morfológica

Según Espinoza (2018), la lechuga, una planta herbácea anual, perteneciente a la familia de las Asteráceas, es una de las hortalizas más populares en todo el mundo. Su nombre científico es Lactuca sativa. Esta planta presenta un ciclo de vida anual, lo que significa que completa su ciclo de germinación, crecimiento, floración y producción de semillas en un año. Es una planta dicotiledónea, lo que significa que sus semillas producen plántulas con dos hojas embrionarias. Además, la lechuga es autógama, lo que implica que puede autofecundarse, aunque también puede cruzarse con otras plantas de la misma especie. Una característica interesante de la lechuga es que, cuando se encuentra en una etapa temprana de crecimiento, sus tejidos contienen un jugo lechoso conocido como látex. Este látex es una característica distintiva de muchas plantas de la familia de las Asteráceas y puede

tener varias funciones, incluida la protección contra herbívoros y patógenos.

2.2.4.1. Raíz.

La raíz de la lechuga es pivotante, con un eje principal carnoso y poco ramificado que contiene abundante látex y puede extenderse más de 30 cm de profundidad. Además, cuenta con numerosas raíces laterales que se desarrollan principalmente en la capa superficial del suelo, dentro de los primeros 30 cm. (Craig y Peter. 2020).

2.2.4.2. Hojas

Las hojas de la lechuga pueden variar en forma, siendo lanceoladas, oblongas o redondas, y sus bordes pueden ser lisos, lobulados, ondulados o dentados (crespos). Son sésiles, es decir, no tienen peciolos, y se disponen en una roseta, siendo ovaladas, gruesas y anchas. Las hojas caulinares son semiamplexicaules, alternas y abrazadoras, con extremos que pueden ser redondeados o rizados. El color de las hojas varía desde el verde amarillo hasta el morado claro, según el tipo y la variedad de la lechuga. El tallo es pequeño y no presenta ramificaciones (Leith, 2021).

2.2.4.3. Tallo.

El tallo de la lechuga es bastante corto, mide entre 2 y 5 cm, y tiene una forma cilíndrica que se encuentra entre las hojas, las cuales varían en forma y tamaño. Este tallo no se ramifica cuando la planta alcanza su estado óptimo para la cosecha. Las hojas de la lechuga son una característica clave del producto comercial, influyendo significativamente en la preferencia de los

consumidores. Estas hojas forman rosetas que suelen tener entre 12 y 14 hojas (Leith, 2021)

2.2.4.4. Inflorescencia

La lechuga desarrolla inflorescencias compuestas por grupos de 15 a 25 flores. Estas flores son de un vibrante color amarillo y están organizadas en una estructura ramificada. Cada flor individual contribuye al aspecto general del racimo, que emerge desde el centro de la planta a medida que madura. La disposición ramificada de las flores facilita la polinización y es un rasgo distintivo de la planta durante su fase de floración. Esta característica floral no solo añade un componente visual interesante al ciclo de vida de la lechuga, sino que también es crucial para su reproducción y producción de semillas (Leith, 2021).

2.2.4.5. Semillas

Las semillas de lechuga son alargadas, midiendo entre 4 y 5 mm, y suelen ser de color blanco crema, aunque también pueden encontrarse en tonos pardos y castaños. Es importante destacar que las semillas recién cosechadas generalmente no germinan debido a su impermeabilidad al oxígeno. Para superar esta barrera y fomentar la germinación, se utilizan temperaturas ligeramente elevadas, entre 20 y 30º C. (Leith, 2021).

2.2.4.6. Fruto

El fruto de la lechuga es un aquenio, que se distingue por ser seco y de forma alargada y oblongo. Los aquenios no se abren al madurar, lo que ayuda a proteger la semilla en su

interior. Esta estructura facilita la dispersión y la germinación de la semilla, asegurando que las nuevas plantas de lechuga puedan crecer y desarrollarse adecuadamente. Además, la naturaleza seca del aquenio contribuye a su durabilidad y capacidad de almacenamiento, permitiendo que las semillas mantengan su viabilidad durante un período prolongado hasta que se encuentren en condiciones adecuadas para germinar (Leith, 2021)

2.2.5. Requerimientos Climáticos

2.2.5.1. Temperatura

Este cultivo es menos tolerante a las altas temperaturas que a las bajas, pudiendo soportar una temperatura máxima de hasta 30°C y una mínima de hasta -6°C. Cuando la lechuga se expone a temperaturas bajas durante un periodo prolongado, sus hojas adquieren una coloración rojiza, lo que a veces se confunde con una señal de deficiencia.

Según Melo (2018), refiere que la temperatura óptima de germinación de la semilla oscila entre 18-20ºC. Durante la fase de crecimiento del cultivo se requieren temperaturas entre 14-18ºC por el día y 5-8º C por la noche, pues el desarrollo de la lechuga requiere que existan diferencias de temperaturas entre el día y la noche. En aquellas variedades que forman cabeza, se necesitan temperaturas entorno a los 12º C por el día y 3-5ºC por la noche.

La temperatura ideal para el crecimiento de la lechuga está entre 15 y 18°C, ya que las condiciones frescas favorecen la formación de una cabeza más densa. La temperatura mínima que la planta puede tolerar es 12°C; por debajo de esta, su crecimiento se detiene. La temperatura máxima recomendada es entre 18 y

24°C. Superar este rango puede causar deterioro en la lechuga, resultando en cabezas menos compactas y una mayor probabilidad de que se produzca el tallo floral (Corradini *et al*., 2017).

2.2.5.2. Humedad

Se señala que este cultivo no tolera situaciones prolongadas de estrés hídrico. Sin embargo, es preferible que la superficie del suelo permanezca seca para minimizar el riesgo de podredumbre en la base de las plantas (Rogel, 2018).

Sucre (2018), alude que el sistema radicular de la lechuga es pequeño en comparación con su parte aérea, lo que la hace muy sensible a la falta de humedad, aunque puede soportar breves periodos de sequía. La humedad relativa ideal para la lechuga es entre 60% y 80%, aunque en ciertos momentos puede tolerar menos del 60%. En invernaderos, el problema principal es el aumento de la humedad ambiental, por lo que se recomienda cultivar la lechuga al aire libre siempre que las condiciones climáticas lo permitan.

2.2.6. Variedad

Las variedades de lechuga se dividen en cuatro tipos bien definidos: de hojas sueltas, repolladas o de cabeza, cos o romana, y las variedades de cortar. Adicionalmente, las lechugas pueden clasificarse en variedades de verano e invierno, aunque esta clasificación no es tan estricta debido a la capacidad de algunas variedades para adaptarse a diferentes estaciones (Catata, 2015).

2.2.6.1. White Boston

La variedad de lechuga White Boston se caracteriza por sudesarrollo medianamente precoz. Sus hojas son anchas, cortas y abullonadas, de un color verde claro, con una textura tierna y un sabor dulce (Espinoza, 2018). Además, esta variedad es apreciada por su capacidad de adaptarse a diferentes condiciones de cultivo y por su resistencia a diversas plagas y enfermedades.

Huaroto (2023), indica que esta variedad de lechuga demandaniveles elevados de nutrientes y requiere suelos con buen drenaje para prevenir encharcamientos. Se sugiere el empleo de humus, el cual facilita la permeabilidad y absorción de la humedad durante el riego. Estas plantas típicamente prosperan en terrenos con un pH que oscila entre 6 y 7, evitando en particular los suelos arcillosos.

2.2.7. Fenología de la Lechuga

Huaroto (2023), en el ciclo de cultivo de la mayoría de las variedades de lechuga se distinguen cinco fases principales:

- Fase de emergencia.
- Fase de plántula.
- Fase de formación de roseta, donde las hojas iniciales forman una roseta.
- Fase de formación de cogollo, en la cual las hojas desarrolladas forman un conjunto compacto que emerge desde el nudo o cuello.
- Fase de reproducción o emisión del tallo floral.

La lechuga cultivada mediante trasplante o siembra directa presenta la siguiente fenología, dependiendo en gran medida de la variedad:

- Emergencia: 6 días
- Trasplante: en siembra directa en 25 días
- Producción de semillas: 45 a 70 días en siembra directa, y hasta 120 días.

2.2.8. Valor nutricional

La lechuga tiene componentes nutricionales importantes para una dieta saludable. El Cuadro 10 presenta el valor nutricional de 100 g de lechuga comestible. Según investigaciones médicas, la mayoría de las variedades de lechuga generan una reacción alcalina en el cuerpo humano. Además, contienen un alto contenido de celulosa y carbohidratos, aunque las proteínas que aportan son en poca cantidad y de baja calidad (León, 2015).

Tabla 1:

Contenido nutricional de la lechuga en 100g de peso seco

Propiedades químicas	Valores
Proteína	0.8 g
Grasas	0.1 g
Carbono	5 mg
Calcio	13 mg
Magnesio	7 mg
Fosforo	25 mg
Potasio	100 mg
Hierro	1.5 mg
Riboflavina	0.03 mg
Azúcar total	2.2 g
Vitamina A	300
Agua	96 g
Calorías	11

Nota: Tomada de Moreiras *et al*. (2010, P.26).

2.2.9. *Cultivo Hidropónico*

Flores *et al*. (2020) describen la hidroponía como una técnica de cultivo de plantas en soluciones nutritivas, con o sin el uso de medios de

soporte como grava o fibra de coco. Introducida por el profesor William Gericke en los años treinta, la hidroponía permite el crecimiento de plantas con raíces suspendidas en soluciones de nutrientes minerales. Los sistemas hidropónicos modernos controlan automáticamente agua y nutrientes según las necesidades de las plantas, y se pueden usar para cultivar una amplia variedad de vegetación, desde hortalizas y flores hasta pasto para forraje y cactus.

La hidroponía es una ciencia contemporánea que se ha empleado comercialmente durante los últimos cuarenta años como una alternativa para cultivar en espacios reducidos. El único obstáculo es la disponibilidad de agua y las soluciones nutritivas, aunque en áreas con escasez de agua se puede utilizar agua de mar mediante el proceso de desalinización. Esto la convierte en una solución valiosa para regiones áridas y no cultivables (Beltrano, 2019).

Según Espinoza (2018), la hidroponía se presenta como un sistema agrícola con múltiples ventajas técnicas. Entre sus beneficios destacan la ausencia de competencia entre plantas por nutrientes, el menor consumo de agua y fertilizantes, la reducción en el uso de agroquímicos, una producción más intensiva con mayor número de cosechas anuales, y una calidad superior del producto que resulta en una mayor limpieza e higiene.

2.2.9.1. Importancia de la Hidroponía

El sistema hidropónico es fundamental hoy en día, ya que posibilita el cultivo de productos agrícolas en tiempos y espacios reducidos, teniendo un impacto significativo en los ámbitos ecológico, económico y social (Pizarro *et al.,* 2019).

La hidroponía ofrece soluciones alimentarias sin necesidad de grandes emprendimientos, permitiendo cultivar hortalizas, flores y

frutillas en casa o en el jardín. Esta técnica no solo proporciona productos saludables, sino que también actúa como una terapia que reduce el estrés. Una de las ventajas sobre el cultivo en tierra es la mayor densidad de plantas por metro cuadrado, lo cual es evidente en cultivos como fresas y lechugas, y también en forraje hidropónico. Además, se tiene un control preciso sobre la nutrición de las plantas mediante soluciones nutritivas, obteniendo frutos de mejor tamaño y calidad. El tiempo de crecimiento de las plantas también se reduce; por ejemplo, las lechugas cultivadas en tierra tardan aproximadamente 3.5 meses en estar listas para el consumo, mientras que, en hidroponía, utilizando técnicas de raíz flotante y de película nutriente (NFT), el ciclo se reduce a solo 1.5 meses desde la germinación (Beltrano *et al.,* 2015).

2.2.9.2. Técnica de Raíz flotante

En este sistema, las plantas "flotan" sobre la solución nutritiva, utilizando planchas de poliestireno expandido, ya sean rectangulares o cuadradas, que se colocan directamente sobre la solución. Estas planchas sirven como soporte para el cultivo y tienen perforaciones distribuidas según la especie y la densidad deseada (CORE, 2020).

Se construyen estanques conocidos como contenedores, utilizando diversos materiales como madera, plástico o incluso cemento. Los contenedores se cubren con tecnopor, en el cual se hacen agujeros para colocar las plantas, permitiendo que las raíces queden suspendidas bajo el tecnopor (Beltrano, 2019).

2.2.9.3. Soluciones Nutritivas

Según Durán (2010), las soluciones nutritivas son mezclas de compuestos y formulaciones que contienen los elementos esenciales disueltos en agua, necesarios para el desarrollo de las plantas. Los estudios de fisiología vegetal han identificado ciertos elementos esenciales que afectan el crecimiento de las plantas. Es fundamental que estas soluciones incluyan macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg), que son los más requeridos, y micronutrientes (Cl, B, Fe, Mn, Zn, Mo), necesarios en menores cantidades.

2.2.9.4. Solución hidropónica la Molina

Según Rodríguez *et al.* (2000) la solución hidropónica La Molina fue meticulosamente formulada después de intensos años de investigación llevada a cabo en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Esta solución se estructura en dos partes fundamentales: la solución A, que aporta macroelementos esenciales, y la solución B, que proporciona microelementos clave para el desarrollo óptimo de las plantas.

a. Solución concentrada A (Para cinco litros, volumen)

Tabla 2:

Composición de la solución A conforme con la Universidad la Molina

Elemento	Valores
KNO_3 13.5% N45% K_20	550 g
NH_4 NO_3 33% N	350 g
Ca $(NH_2PO_4)_2$45% P_2O_5, 20% CaO	180 mg

Nota: Orellana y León (2011)

b. Solución concentrada B (Para dos litros, volumen final)

Tabla 3:

Composición de la solución B conforme con la Universidad la Molina

Elemento	Valores
$MgSO_4$ 16%Mn O	220 g
$C_{18}H_{16}N_2O_6FeNa$ 6% Fe	117 g
Solución de micronutrientes	400 ml

Nota: Orellana y León (2011)

2.3. Definiciones Conceptuales

A continuación, se describen los aspectos más importantes a considerar en la composición de la solución nutritiva para los cultivos hidropónicos:

a. Oxigenación.

La oxigenación desempeña un papel crucial en los cultivos hidropónicos al facilitar el intercambio gaseoso necesario para el desarrollo saludable de las raíces y el crecimiento óptimo de las plantas. Cuando el agua carece de oxígeno, las raíces pueden experimentar dificultades para absorber nutrientes y agua, lo que afecta negativamente su función y el rendimiento general del cultivo.

En sistemas hidropónicos como el NFT (Nutrient Film Technique), diseñados para mantener una delgada película de solución nutritiva constante sobre las raíces en un canal inclinado, el flujo constante de la solución a través de los tubos proporciona una renovación continua del oxígeno disuelto. Este proceso natural de oxigenación mejora la salud de las raíces y promueve un desarrollo vigoroso de las plantas, contribuyendo así a obtener cosechas más robustas y de mejor calidad (Martínez *et al*., 2012).

b. El pH.

Gilzanz (2007) indica que el rango ideal de pH para la solución nutritiva que favorece el desarrollo de los cultivos está comprendido entre 5.5 y 7. Este valor de pH no permanece constante, ya que puede variar según la concentración de CO2 en el ambiente, si la solución está expuesta o protegida en un contenedor, la velocidad de absorción de nutrientes por parte de las plantas y el tipo de fuente de nitrógeno utilizada en la solución nutritiva.

c. Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica sirve como un indicador directo de la concentración de sales en el agua o la solución nutritiva. Este parámetro es crucial para determinar la calidad del agua utilizada y la vida útil de la solución nutritiva en el sistema. El rango óptimo recomendado está entre 1,5 y 2,5 mS/cm según Rodríguez *et al*. (2000). Además, es importante destacar que una menor conductividad facilita la absorción de agua por parte de la planta, ya que la salinidad puede crear una barrera al ingreso de agua debido a un mayor potencial osmótico. Por lo tanto, es fundamental asegurarse de que la planta absorba la cantidad adecuada de elementos nutritivos, como menciona (Gilzanz,2007).

d. Temperatura.

Es recomendable mantener las soluciones nutritivas dentro del rango de temperatura de 14 a 25 ℃ para evitar una reducción en la absorción de nutrientes. Se ha observado que a temperaturas entre 10 y 13 ℃, hay una disminución notable en los elementos como N, P, K y Ca. Por otro lado, temperaturas superiores a 25 ℃ pueden reducir el nivel de oxígeno disuelto en la solución, afectando así el desarrollo adecuado de los cultivos (Martínez *et al*., 2012)

e. Duración y Renovación

Es fundamental mantener la solución nutritiva limpia y en la oscuridad para prolongar su efectividad. Esto no solo implica ajustar diariamente el volumen de agua, la conductividad eléctrica y el pH, sino también evitar la proliferación de algas, la evaporación y el acceso de animales. Además, la duración y la validez de la solución están estrechamente relacionadas con su formulación y los cuidados adecuados en su manejo (Gilzanz, 2007).

2.3.2. *El Biol*

El biol es un fertilizante líquido de origen orgánico, obtenido mediante la fermentación anaeróbica de residuos orgánicos como sustratos vegetales (alfalfa, arveja, haba, etc.) y heces frescas de animales mayores o menores, filtrados para obtener bioabono. Se utiliza en diversos cultivos para aumentar su rendimiento y fortalecer la resistencia contra plagas y enfermedades (Jaén 2011).

Suquilanda (2006) destaca que el biol es una fuente efectiva de fitorreguladores derivados de la descomposición anaeróbica de desechos orgánicos. En la agricultura urbana sostenible, estos productos, derivados de elementos naturales simples presentes en la naturaleza, contribuyen a equilibrar y corregir los desafíos ocasionados por insectos plagas y enfermedades, proporcionando beneficios nutritivos para las plantas y actuando como repelentes o atrayentes de insectos.

2.3.2.1. Funciones del Biol

Según Martín (2003) el biol desempeña un papel crucial en la planta

al fortalecer su equilibrio nutricional y actuar como un mecanismo de defensa. Esto se logra mediante la acción de ácidos orgánicos, hormonas de crecimiento, antibióticos, vitaminas, minerales, enzimas, coenzimas, carbohidratos y azúcares complejos, tanto biológicos como químicos. Además, los elementos físicos y energéticos facilitan la interacción entre las plantas y su entorno terrestre.

2.3.2.2. Ventajas y Desventajas del Biol

Colque *et al.* (2005) destacan diversos beneficios derivados del uso del bioabono (biol):

- Mejora significativamente el crecimiento y desarrollo de las plantas.
- Aumenta la resistencia a plagas y enfermedades.
- Incrementa la capacidad de las plantas para tolerar condiciones ambientales adversas.
- Mejora la adaptabilidad al trasplante en el campo definitivo.
- Facilita la retención de nutrientes como NPK y Ca gracias al proceso de fermentación anaeróbica.
- Mejora la asimilación del nitrógeno debido a su forma amoniacal.
- Por otro lado, Aedes (2006) resalta otras ventajas específicas del bioabono (biol):
- No tiene efectos adversos en el suelo, agua, aire ni en los productos derivados de las plantas, al ser de origen orgánico.

- Incrementa notablemente la fertilidad natural del suelo donde se aplica.
- Es de bajo costo, utilizando residuos locales y permitiendo su elaboración en la propia parcela.

En contraste, Álvarez (2010) identifica algunas desventajas asociadas al uso del bioabono (biol):

- Requiere un tiempo prolongado para su fermentación o descomposición.
- Es susceptible a deteriorarse bajo la exposición directa a la luz solar intensa.

2.3.2.3. Elaboración del Biol

En la producción de biol, la proporción de peso y volumen de los residuos que se introducen es de aproximadamente 0.9 a 1. Este proceso genera dos componentes: una fase sólida conocida como biosol y una fase líquida llamada biol. Ambos tienen propiedades agronómicas beneficiosas para las plantas. Según las características de los residuos que se fermentan, los lodos del biorreactor contienen entre un 85% y un 90% del material inicial, con aproximadamente el 90% de este material convertido en biol y el 10% en biosol. Estas proporciones pueden variar según el tipo de residuo fermentado y el método de separación utilizado (Aparcana, 2008).

2.3.2.4. Biosol

La fracción sólida que se deposita en el biotanque, conocida como biosol, puede tener un contenido de humedad que varía entre el 10% y el 25%, dependiendo en gran medida del tipo de residuo utilizado durante su producción. Este biosol puede aplicarse directamente o mezclarse con compost o fertilizantes químicos para mejorar su efectividad (Aparcana, 2008).

2.3.2.5. Materiales para la Elaboración del Biol

El biol desempeña un papel crucial en la planta al fortalecer su equilibrio nutricional y actuar como un mecanismo de defensa. Esto se logra mediante la acción de ácidos orgánicos, hormonas de crecimiento, antibióticos, vitaminas, minerales, enzimas, coenzimas, carbohidratos y azúcares complejos, tanto biológicos como químicos. Además, los elementos físicos y energéticos facilitan la interacción entre las plantas y su entorno terrestre (Martín, 2003)

a. Estiércol

La principal función del estiércol es proporcionar los microorganismos necesarios para llevar a cabo la fermentación del biol, incluyendo levaduras, hongos, protozoos y bacterias que son responsables de la digestión, el metabolismo y la mejora de los residuos orgánicos presentes en todos los cultivos y el suelo. La composición química del estiércol de ganado está influenciada por diversos factores como el tipo de dieta y

su digestibilidad, así como la edad y estado general de los animales. Según varios autores recogidos por Albin en 1971, las heces pueden contener desde un 1.87% hasta un máximo de 19% de proteína (Pérez y Viniegra, 2007).

b. Leche o Suero

Su función es revitalizar el Biol, que se elabora como melaza, aportando vitaminas, proteínas, grasas y aminoácidos que contribuyen a la creación de otros compuestos orgánicos durante la fermentación del Biol. Además, favorece la proliferación de los microorganismos responsables de la fermentación (Restrepo, 2001).

El suero, un subproducto de la leche con propiedades hormonales y antifúngicas, actúa eficazmente como descomponedor de materia orgánica (Huyata, 2006).

c. Melaza

Este compuesto desempeña un papel fundamental como proveedores de energía esencial para los microorganismos, los cuales son responsables de la evaluación de materiales orgánicos durante procesos biológicos. Además de cumplir esta función energética crucial, estos compuestos también aportan una gama de minerales y nutrientes adicionales que son beneficiosos para el desarrollo microbiológico. Entre estos nutrientes se incluyen boro, calcio y varios otros elementos en cantidades más reducidas, que contribuyen a optimizar el

proceso de fermentación y apoyan la actividad (Salgado y Nuñez, 2000).

d. Levadura

"Las levaduras son microorganismos unicelulares, hongos diminutos, reconocidos por su capacidad para descomponer diversos compuestos orgánicos a través de la fermentación, especialmente azúcares y carbohidratos, generando diferentes sustancias" (Bamforth, 2007). Durante la producción de Biol, las levaduras también sintetizan compuestos bioactivos como hormonas y enzimas que estimulan la división celular (Huayta, 2006).

El agua desempeña un papel crucial al crear condiciones ideales para el crecimiento y la reproducción de microorganismos durante el proceso de fermentación. Tanto el exceso como la escasez de humedad pueden afectar significativamente el rendimiento de un fertilizante de alta calidad (Salgado y Nuñez, 2000).

2.3.2.6. Cosecha del Biol

Jaén (2011), indica que, al completarse la fermentación, el Biol se recolecta aproximadamente en un período de 45 días. Es importante seguir estas recomendaciones: agitar el Biol, utilizar un tamiz, etiquetar el recipiente plástico con la fecha de elaboración.

Tabla 4:

Composición Química del Biol Bovino

Parámetros	Unidades	Resultados
pH	g kg^{-1}	7.310
Solidos totales	g kg^{-1}	46.073
Solidos volátiles	gN kg^{-1}	32.450
Carbono orgánico total	gN kg^{-1}	2.015
Nitrógeno total	gN kg^{-1}	0.12%
Nitrógeno amoniacal	gN kg^{-1}	0,590
Nitratos	gN kg^{-1}	0.447 %
Nitritos	gN kg^{-1}	0.0025
Fosforo total	gP kg^{-1}	0.0379%
Fosfatos	gP kg^{-1}	------
Potasio	g kg^{-1}	0.2146%
Sodio	g kg^{-1}	0,699
Conductividad eléctrica	mS cm^{-1}	3.503
Alcalinidad total	g $CaCO_3$ l^{-1}	3.176
Densidad	kg l^{-1}	1.048
Calcio	g kg^{-1}	0.323
Cadmio	mg kg^{-1}	0.010
Magnesio	g kg^{-1}	0.202
Hierro	mg kg^{-1}	30.100
Antimonio	mg kg^{-1}	0.866
Cobalto	mg kg^{-1}	0.231
Cobre	mg kg^{-1}	0.009
Manganeso	mg kg^{-1}	5.708
Zinc	mg kg^{-1}	2.710

Nota: Tomada de Huallpa *et al.,* (2016).

2.3.2.7. Dosis de aplicación del biol para diferentes cultivos

Según Suquilanda (2017), se recomienda una proporción de 1 parte de Biol por cada 100 partes de agua, ya sea para aplicaciones por gravedad, aspersión o goteo. Para frutales, la proporción sugerida es de 2 litros de Biol por cada 18 litros de agua, mientras que en plantas perennes se puede aumentar la concentración hasta 3 litros de Biol por cada 17 litros de agua, sin afectar su tolerancia.

a. Biol en Hojas

Según Rosas (2005), el uso directo de biol puro no es recomendable para la aplicación foliar en las plantas; se debe emplear en soluciones diluidas, con una concentración recomendada entre el 25% y el 75%. La solución diluida debe ser aplicada sobre el follaje de 3 a 5 veces, asegurándose de mojar bien las hojas dependiendo de la edad de la planta.

b. Biol en tierra

Rosas (2009) señala que la aplicación de biol en el suelo mejora sus propiedades físicas, químicas y biológicas. recomienda que se utilice una regadera, ya que esto beneficia el crecimiento de las raíces de las plantas y activa la actividad de los microorganismos en el suelo.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de Investigación

En el estudio se llevó a cabo una investigación experimental correlacional causal para establecer relaciones de causa y efecto. Se seleccionaron variables experimentales, que fueron expuestas a estímulos controlados, y se compararon sus comportamientos con los de grupos de control que no recibieron el tratamiento experimental.

3.2. Tipo y Nivel de Investigación

La tesis se clasifica como aplicada debido a su enfoque práctico en la resolución de un problema específico relacionado con la producción agrícola. Su objetivo es mejorar el crecimiento y rendimiento de la lechuga mediante el uso de biol bovino, aportando información relevante que puede beneficiar a agricultores y productores locales. Además, contribuye al conocimiento agronómico al optimizar el uso de biol bovino en cultivos, lo que puede traducirse en mejores prácticas agrícolas.

Por otro lado, la investigación es experimental porque utiliza un diseño científico, como el Diseño Completo al Azar, para someter a prueba diferentes tratamientos que involucran concentraciones de biol bovino. Se controlan variables experimentales para asegurar que los resultados sean atribuibles a las concentraciones específicas y no a otros factores. La recolección sistemática de datos sobre variables como altura de planta, diámetro de la cabeza, número de hojas y peso de la biomasa permite realizar un análisis estadístico de los resultados, validando así los efectos del biol bovino en el crecimiento de la lechuga.

3.2.1. *Población y Muestra*

3.2.1.1. Población

La población estuvo compuesta por 320 plantas de lechuga, distribuidas en 20 parcelas experimentales de 1m² cada una. En cada parcela, se plantaron 16 plantas de lechugas con una separación de 0,20 m entre cada planta.

3.2.1.2. Muestra

La muestra se seleccionó de manera uniforme para cada una de las unidades experimentales, utilizando el método de proporciones para determinar su tamaño. En este estudio, se evaluaron un total de 80 plantas de lechuga, que se distribuyeron en las 20 unidades experimentales, con 4 plantas evaluadas por unidad experimental.

3.3. Componentes en Estudio

Se investigó el crecimiento y rendimiento de las plantas de lechuga utilizando diferentes concentraciones de biol bovino, explorando sus efectos benéficos. El estudio se enfocó en encontrar la concentración óptima de biol bovino que maximiza el crecimiento y la producción de lechuga en un sistema de hidroponía de raíz flotante. Por lo tanto, las plantas de lechuga como las diversas concentraciones de biol bovino fueron componentes clave en esta investigación.

3.4. Tratamientos en Estudio

Este estudio analiza cinco tratamientos, cada uno basado en una concentración distinta de biol bovino. Cada concentración fue cuidadosamente preparada según su tratamiento correspondiente, con el objetivo de mejorar el crecimiento y el rendimiento de la planta. Entre las concentraciones específicamente seleccionadas para esta investigación se incluyen:

Tabla 5:

Tratamientos en el estudio de crecimiento y rendimiento de lechuga

Tratamiento	Descripción	Solución
T1	Aplicación química (solución hidropónica la Molina A y B)	
T2	5 litros de biol en 100 litros de solución hidropónica la Molina	Biol bovino al 5%
T3	10 litros de biol en 100 litros de solución hidropónica la Molina	Biol bovino al 10%
T4	15 litros de biol en 100 litros de solución hidropónica la Molina	Biol bovino al 15%
T5	20 litros de biol en 100 litros de solución hidropónica la Molina	Biol bovino al 20%

Las concentraciones se elaboraron cuidadosamente después de que los insumos utilizados, como estiércol de bovino, alfalfa, leche, chancaca y melaza, completen su análisis natural en un lapso de 45 días de acuerdo a lo indicado por Martin (2005) y Aparcana (2008). Este proceso asegura la integración completa de nutrientes y compuestos orgánicos en las soluciones de biol bovino, las cuales fueron luego aplicadas según los tratamientos específicos definidos.

3.5. Diseño Experimental

La investigación utilizó un Diseño Completo al Azar (DCA) para asegurar la asignación imparcial de tratamientos. Se evaluaron cinco tratamientos, cada uno con una concentración específica de biol, repetidos cuatro veces, sumando un total de 20 unidades experimentales. Este diseño permitió un análisis exhaustivo de cómo las concentraciones de biol afectan el crecimiento y rendimiento de la lechuga, garantizando precisión y confiabilidad en las conclusiones obtenidas.

Modelo matemático:

Yij = μ + Ti + Eij

En donde:

Yij: Variable respuesta de la ij-esima unidad experimental. **μ:** Efecto de la media general.

Ti: Efecto del i-esimo tratamiento.

Eij: Efecto del error experimental asociado a la i-esima experimental.

3.5.1. Análisis de la Varianza

Se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) para examinar la variabilidad de los componentes, y la significancia estadística se desarrolló mediante la prueba de comparaciones Múltiples de Tukey, utilizando un nivel de significancia α= 0.05 y ajustando los grados de libertad correspondientes.

Tabla 6:

Estructura del análisis de la variancia del estudio

Fuentes de Variabilidad	Grados de libertad
Tratamientos	**4**
Error	**15**
Total	**19**

3.6. Ejecución del Experimento

3.6.1. *Ubicación y Duración del Estudio*

El estudio de investigación se desarrolló en el Laboratorio de Hidroponía de la Universidad Nacional de Ucayali, situado en el distrito de Callería, provincia de Coronel Portillo, en la región de Ucayali. Este laboratorio está ubicado específicamente en la carretera Federico Basadre Km 6.200. Las coordenadas geográficas del área de estudio

son aproximadamente 08º23´40¨ de latitud sur y 74º34´40¨ de longitud oeste, con una altitud de 156 metros sobre el nivel del mar.

3.6.2. *Condiciones Ecológicas y Climáticas*

El estudio se realizó durante los meses de diciembre y enero del 2024, durante estos meses, el clima en el distrito de Callería se caracteriza por ser cálido y húmedo, con una temperatura media anual de 26.9 ºC. Las variaciones entre las temperaturas máximas (30.5 ºC) y mínimas (17.4 ºC) son mínimas a lo largo del año. En cuanto a la exposición solar, los meses de julio, agosto y setiembre presentan las mayores radiaciones solares. La precipitación anual promedio es de 1773 mm, según datos recopilados durante un período de 25 años, con un período seco evidente en los meses de junio, julio y agosto (Aybar et al., 2017).

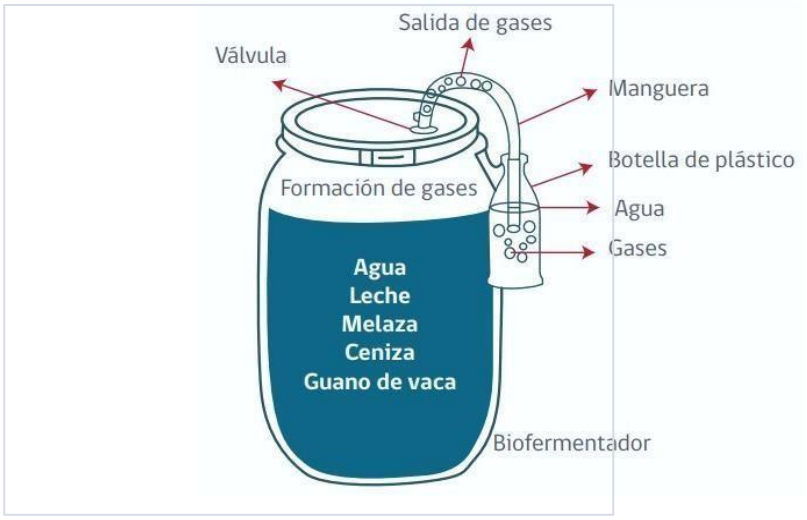
3.6.3. *Proceso Experimental*

3.6.3.1. Preparación del Biol Bovino Líquido

Se realizo teniendo en cuenta el procedimiento de Martin (2005) y Aparcana (2008) donde indica que: En un contenedor hermético de 220 litros, se combinaron 50 kg de estiércol de ganado vacuno, 5 litros de leche, 50 gramos de levadura seca, 2 kg de hojas de alfalfa (Medicago sativa), 2 kg de melaza, 3 kg de ceniza de madera. proveniente de un aserradero ubicado en el kilómetro 7, y 150 litros de agua. Todos estos ingredientes fueron mezclados el mismo día para asegurar una homogeneidad adecuada, y luego se dejaron fermentar durante 45 días en condiciones anaeróbicas. Para permitir la liberación de metano, se instaló una manguera en la parte superior del recipiente, conectada a una botella con agua (Figura 1). El biofermento resultante se utiliza sin remover los sólidos.

Figura 1:

Componentes del fermentador para el biol bovino



3.6.3.2. Construcción del invernadero

3.6.3.3. Construcción de las Mesas

Se utilizo listones y tablas de maderas para la construcción de las mesas, la estructura tenía una altura de 1 metro y se dejaron espacios de 5 cm entre las tablas. Se fabricaron cuatro mesas, cada una de 5 metros de largo por 1 metro de ancho.

3.6.3.4. Construcción de las Bandejas Hidropónicas

El triplay se cortó en piezas de 1x1 metro y se adquirieron tablas de 10 cm de ancho, las cuales se cortaron en secciones de 1 metro de longitud. Las tablas se clavaron alrededor del borde del triplay y después se cubrió todo con plástico negro. Con este proceso, se crearon 15 contenedores idénticos.

3.6.3.5. Perforación del Tecnoport

Se cortó en piezas de 1x1 metro. A continuación, se marcaron las distribuciones utilizando un plumón indeleble, asegurando una separación uniforme de 20 cm entre los agujeros, lo que resultó en un total de 16 orificios por metro cuadrado. Para realizar las perforaciones, se empleó un tubo metálico de 4 cm de diámetro, que se calentó a fuego medio para facilitar el proceso. Esta técnica de calentamiento permitió crear agujeros limpios y precisos, asegurando una disposición ordenada y funcional para el experimento.

3.6.3.6. Germinación

En una bandeja se hicieron perforaciones en la base para asegurar

un buen drenaje. Después de perforarlo, se colocó una capa de arena para proporcionar una base estable y bien drenada. Dicho sustrato se desinfectó cuidadosamente con una solución de hipoclorito de sodio para eliminar cualquier posible contaminante o microorganismo dañino. Después de la desinfección del sustrato se realizó la siembra de semillas a chorro continuo, se rego con abundante agua, finalmente se cubrió con una delgada capa de arena. La bandeja de germinación se llevó a una mesa, al borde de la mesa se aplicó tifón como insecticida, durante el periodo de germinación el riego fue diario para ayudar al crecimiento de las plántulas.

3.6.3.7. Evaluación de la Temperatura

Este proceso incluyó la medición de la temperatura tanto antes como después del trasplante con el objetivo de asegurar que las condiciones ambientales fueran adecuadas para el crecimiento y desarrollo óptimo de las plantas. Las mediciones se realizaron en tres momentos distintos para obtener datos precisos y fiables sobre las variaciones de temperatura durante el trasplante. Este enfoque permitió identificar cualquier fluctuación significativa y evaluar su impacto potencial en la salud de las plantas.

3.6.3.8. Aplicación de las Soluciones Nutritivas

Las soluciones nutritivas fueron adquiridas en la Universidad Nacional Agraria la Molina, la aplicación a las bandejas hidropónicas de 80 litros se realizó en tres periodos, tal como se muestra en la Tabla 7. Los tratamientos en estudio fueron:

- Testigo = Solución hidropónica al 100 %
- T2 = Biol Bovino 5%
- T3 = Biol Bovino 10%
- T4 = Biol Bovino 15%
- T5 = Biol Bovino 20%

Tabla 7:

Cantidad de las soluciones nutritivas aplicadas

Solución	1ra dosis (0 días)	2da dosis (15 días)	3ra dosis (30 días)

Solución A (5ml/1l de agua)	25%= 100ml	50%= 100ml	50%= 200ml
Solución B (1.5ml/1l de agua)	25%= 30ml	50%= 30ml	50%= 60ml

Nota. Estas cantidades fueron aplicadas en las bandejas hidropónicas con 80 litros de agua.

3.6.3.9. Trasplante de las Plántulas

Se llevó a cabo el trasplante de las lechugas al contenedor, seleccionando aquellas plantas que tenían tres hojas verdaderas y una altura de 7 cm, con tallos firmes. Luego, se retiraron cuidadosamente las plantas con características uniformes de la bandeja y se colocaron en un recipiente con agua. Las plantas fueron envueltas en una esponja empapada, que se introdujo en los agujeros del tecnopor. Este proceso se realizó de forma continua con 320 plantas. El trasplante se efectuó en un clima templado, lo cual fue muy favorable.

3.6.3.10. Aplicación del Biol Bovino

La aplicación de las diferentes concentraciones de biol bovino se llevó a cabo en dos períodos distintos: el primero a los 15 días después del trasplante y el segundo a los 30 días. Para asegurar una distribución uniforme, cada concentración de biol bovino se mezcló homogéneamente con agua y se integró con las soluciones hidropónicas de La Molina. Este enfoque permitió evaluar de manera precisa el efecto de las distintas concentraciones de biol bovino en el crecimiento y rendimiento de la lechuga en un sistema

hidropónico de raíz flotante, garantizando que los nutrientes se distribuirán de manera equitativa a todas las plantas.

Tabla 8:

Cantidad de biol aplicado en dos fracciones.

Solución	dosis (15 días)	2da dosis (30 días)	Total
Biol bovino al 5%	2.5%= 2 l	2.5%= 2 l	5%
Biol bovino al 10%	5%= 4 l	5%= 4 l	10%
Biol bovino al 15%	7.5%= 6 l	7.5%= 6 l	15%
Biol bovino al 20%	10%= 8 l	10%= 8 l	20%

Nota. Estas cantidades fueron aplicadas en las bandejas hidropónicas con 80 litros de agua

3.6.3.11. Evaluaciones y toma de datos

Después de 45 días del trasplante, se realizó una evaluación detallada del crecimiento y rendimiento productivo de las plantas. Esta evaluación incluyó la medición de la altura de las plantas, el conteo del número de hojas, el diámetro de la cabeza, la longitud de las raíces, así como el peso fresco y seco de las plantas. Estas mediciones proporcionaron una comprensión integral del desarrollo y la productividad de las plantas durante el período de estudio.

3.6.4. *Variables Evaluadas*

3.6.4.1. Crecimiento

Altura de Planta

La altura de plantas se midió desde la base del tallo hasta la punta del ápice terminal, utilizando una regla milimétrica para obtener medidas precisas en centímetros. Este procedimiento se realizó solo una vez en el momento de la cosecha. La medición se tomó meticulosamente, registrando la altura de cuatro plantas por cada unidad experimental. Posteriormente, se calculó el promedio de estas mediciones para obtener un valor representativo del crecimiento de las plantas en cada unidad experimental. Este enfoque permitió un seguimiento detallado y continuo del desarrollo de las plantas a lo largo del período de estudio (Smith, 2018).

Diámetro de Cabeza

Después del trasplante, se realizó una única medición detallada del diámetro de las plantas, expresada en centímetros. Esta medición se efectuó de manera precisa para asegurar la exactitud de los datos recopilados, registrando únicamente el diámetro final al concluir el periodo experimental. Para obtener un valor representativo, se midieron cuatro plantas en cada unidad experimental y se calculó el promedio de estos valores. Este proceso permitió un seguimiento regular y meticuloso del crecimiento del diámetro de las plantas, proporcionando una visión clara de su desarrollo a lo largo del tiempo (Smith, 2018).

Número de Hojas

Al concluir el experimento, durante la fase de cosecha, se procedió a contar el número total de hojas en cada planta. Este conteo se realizó minuciosamente para asegurar la precisión de los datos. Para obtener un valor promedio

representativo, se seleccionan cuatro plantas de cada unidad experimental, y se calcula el promedio del número de hojas de estas plantas. Este enfoque detallado permitió una evaluación exhaustiva del desarrollo foliar de las plantas, proporcionando una visión completa de su crecimiento (Doe, y White, 2019).

Longitud de Raíz

Al concluir el experimento, se llevó a cabo la medición de la longitud de las raíces de las plantas de lechuga. Esta medición se realizó en centímetros, comenzando desde la base del cuello de la raíz hasta la punta más externa, conocida como cofia. Se seleccionan al azar cuatro plantas de cada unidad experimental para obtener un promedio preciso de la longitud de las raíces, lo cual proporcionó datos detallados sobre el desarrollo radicular de las plantas en el contexto del estudio (Doe, y White, 2019).

3.6.4.2. Rendimiento

Peso Fresco

Se realizó la medición del peso en gr. por planta al momento de la cosecha. Este proceso se llevó a cabo meticulosamente para asegurar la precisión de los datos recopilados. Se seleccionaron al azar 4 plantas de cada unidad experimental, lo cual permitió obtener un promedio representativo del rendimiento de las plantas en términos de pesos (Smith, 2018).

Peso seco

Se procedió con la medición del peso en gramos por planta, una fase crucial para evaluar el rendimiento de las

plantas de manera precisa. Cada muestra de peso fresco fue colocada cuidadosamente en una estufa a 106ºC durante 24 horas para asegurar una deshidratación completa, permitiendo así determinar el peso seco con exactitud. Este meticuloso proceso garantizó la obtención de datos confiables sobre el peso seco promedio de las cuatro plantas secas seleccionadas de cada unidad experimental, brindando una visión detallada del desarrollo y la productividad de las plantas en estudio (Smith, 2018).

3.6.5. *Datos Registrados*

Tabla 9:

Datos registrados al momento del experimento

Indicadores de crecimiento	Indicadores de rendimiento
Altura de planta (cm)	Peso fresco (g)
Diámetro de cabeza (cm)	Peso seco (g)
Número de hojas	
Longitud de raíz (cm)	

Nota. Elaboración propia

CAPITULO IV

RESULTADOS

EVALUACIÓN DE CRECIMIENTO DE LECHUGA WHITEN BOSTON

En las condiciones en las que se llevó a cabo el presente trabajo de investigación, se obtuvieron los siguientes resultados en relación con el análisis de varianza:

Tabla 10:

Análisis de varianza general (Altura de planta, Diámetro de cabeza de lechuga y Numero de hojas)

Variable dependiente:	**ALTURA DE PLANTA**					**Variable dependiente:**	**DIÁMETRO DE CABEZA DE LECHUGA**					**Variable dependiente:**	**NÚMERO DE HOJAS**				
Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	35.572	4	8.893	49.451	0.000	Tratamientos	57.443	4	14.361	32.567	0.000	Tratamientos	74.267	4	18.567	30.936	0.000
Error	2.698	15	0.180			Error	6.614	15	0.441			Error	9.002	15	0.600		
Total corregido	38.270	19				Total corregido	64.057	19				Total corregido	83.270	19			
	CV= 5.94%						CV= 7.32%						CV= 7.21%				
	R al cuadrado ajustada = 0.911						R al cuadrado ajustada = 0.869						R al cuadrado ajustada = 0.863				

Tabla 11:

Análisis de varianza general (Longitud de raíz, peso fresco y peso seco)

Variable dependiente:	**LONGITUD DE RAÍZ**					**Variable dependiente**	**PESO FRESCO**					**Variable dependiente:**	**PESO SECO**				
Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Fuente de variabilidad	Suma cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	91.064	4	22.766	49.451	0.000	Tratamientos	4688.342	4	1172.086	166.932	0.000	Tratamientos	10.067	4	2.517	276.513	0.000
Error	6.906	15	0.460			Error	105.320	15	7.021			Error	0.137		0.009		
Total corregido	97.970	19				Total corregido	4793.663	19				Total corregido	10203	10.203			

CV= 5.94% CV= 6.71% CV= 8.29%

R al cuadrado ajustada = 0.911 R al cuadrado ajustada = 0.972 R al cuadrado ajustada = 0.983

Tabla 12:

Pruebas de significancia de Tukey (Altura de planta, Diámetro de cabeza de lechuga y Numero de hojas) (α=0.05)

ALTURA DE PLANTA				**DIÁMETRO DE CABEZA DE LECHUGA**				**NÚMERO DE HOJAS**			
TRATAMIENTO	Subconjunto			TRATAMIENTO	Subconjunto			TRATAMIENTO	Subconjunto		
	1	**2**	**3**		**1**	**2**	**3**		**1**	2	**3**
T5	22.23[c]			T3	23.338[b]			T5	27.425[b]		
T1	22.98[c]			T5	23.400[b]			T4	27.850[b]		
T4		23.98[b]		T1		25.045[a]		T3	28.350[b]	28.35[b]	
T3		24.13[b]		T4		25.598[a]		T2		29.875[b]	
T2			26.18[a]	T2			27.95[a]	T1			32.725[a]

Tabla 13:

Pruebas de significancia de Tukey (Longitud de raíz, peso fresco y peso seco) (α=0.05)

LONGITUD DE RAÍZ				PESO FRESCO					PESO SECO			
TRATAMIENTO	Subconjunto			TRATAMIENTO	Subconjunto				TRATAMIENTO	Subconjunto		
	1	2	3		1	2	3	4		1	2	3
T5	35.560[c]			T5	211.768[d]				T3	8.017[c]		
T1	36.760[c]			T3		233.187[c]			T5	8.047[c]		
T4		38.360[b]		T4		237.675[bc]	237.675[bc]		T4		9.031[b]	
T3		38.600[b]		T1			241.241[b]		T1		9.211[b]	
T2			41.880[a]	T2				259.428[a]	T2			9.858[a]

Tabla 14:

Tratamientos en estudio

TRATAMEINTO	DESCRIPCION
T1	Testigo (Solución hidropónica al 100%)
T2	Biol bovino al 5%
T3	Biol bovino al 10%
T4	Biol bovino al 15%
T5	Biol bovino al 20%

Nota: Lectura de los tratamientos en estudio

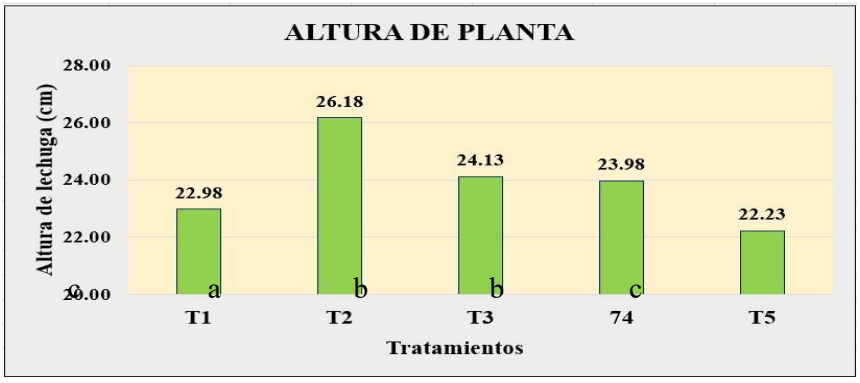
4.1. Altura de Planta

La evaluación de la altura de las plantas se realizó al finalizar el experimento, 45 días después del trasplante. En este estudio, el tamaño de las plantas se midió una única vez, exclusivamente al término del periodo experimental, lo cual permitió registrar el crecimiento final alcanzado bajo las condiciones establecidas en cada tratamiento. Tras realizar el análisis de varianza, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Además, el coeficiente de variabilidad fue del 5.94%, lo que demuestra una notable consistencia en los resultados, respaldada por un coeficiente de correlación (R^2) de 0.911.

La tabla 11 y la figura 2 muestran los resultados de la prueba de significancia de Tukey (α=0.05) para altura de planta. Se destaca que el tratamiento T2 (Biol bovino al 5%) exhibe una mayor altura, con un promedio de 26.18, significativamente superior al tratamiento T3 (Biol bovino al 10%) que registra 24.13 cm en promedio y al T4 (Biol bovino al 15%) con un promedio de 23.98, los cuales no presentan diferencia entre sí. Al igual que el tratamiento T1 (Testigo) con un promedio de 22.98 cm, no presentando diferencia significativa con el tratamiento T5 (Biol bovino al 20%) el cual muestra el resultado con el promedio más bajo de 22.23 cm.

Figura 2:

Promedio de altura de planta a los 45 días



4.2. Diámetro de Cabeza de Lechuga (cm)

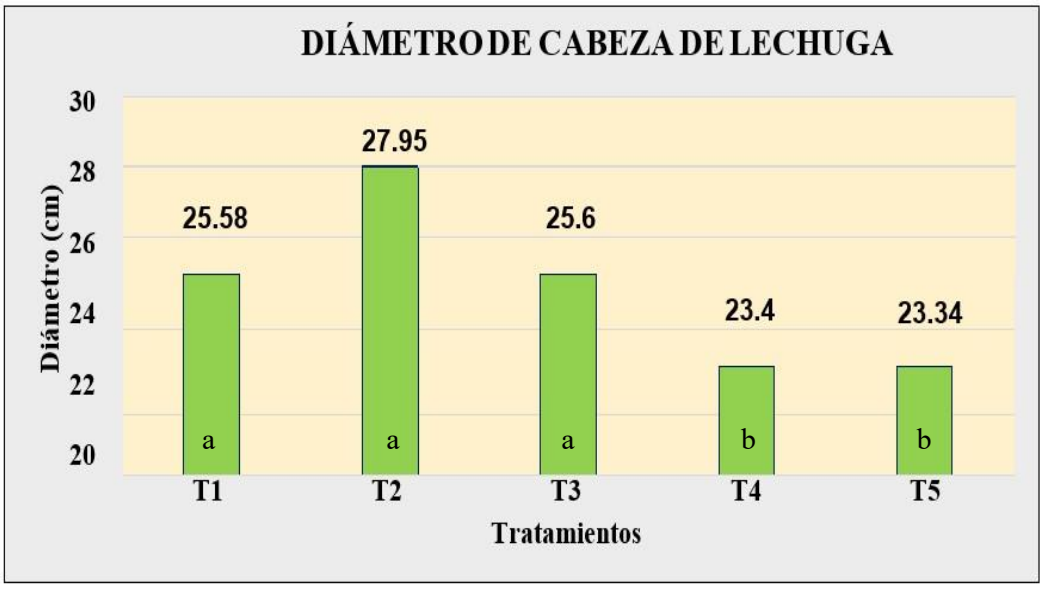
La evaluación del diámetro de cabeza se realizó una sola vez a los 45 días después del trasplante, al finalizar el experimento. Los resultados permitieron realizar un análisis de varianza (Tabla 10) y determinar diferencias significativas entre los tratamientos mediante la prueba de Tukey (α=0.05).

Se observó un coeficiente de variabilidad del 7.32%, indicando una notable consistencia en los resultados, respaldada por un coeficiente de correlación (R^2) de 0.869.

La tabla 11 y la figura 3 muestran que el tratamiento T2 (Biol bovino al 5%) tuvo el mayor diámetro promedio de 27.95 cm, significativamente superior a T3 (Biol bovino al 10%) con 25.60 cm y T1 (Testigo) con 25.58 cm, que no difieren entre sí. T4 (Biol bovino al 15%) con 23.40 cm no mostró diferencia significativa con T5 (Biol bovino al 20%) que tuvo el promedio más bajo de 23.34 cm.

Figura 3:

Promedio de diámetro de cabeza a los 45 días



4.3. Número de Hojas

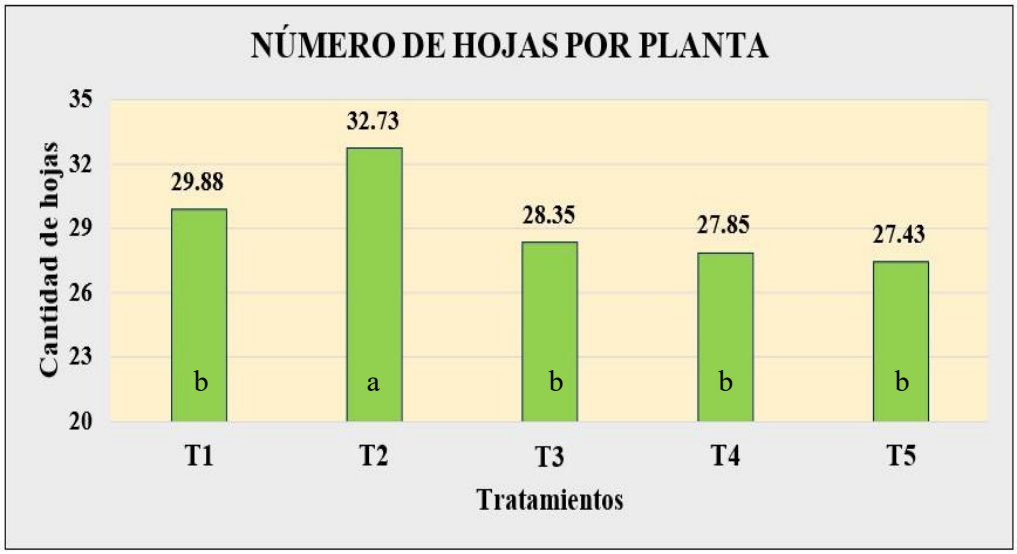
La evaluación del número de hojas se realizó 45 días después del trasplante, al finalizar el experimento. Los resultados permitieron llevar a cabo un análisis de varianza (Tabla 10) y determinar diferencias significativas entre los tratamientos mediante la prueba de Tukey (α=0.05).

El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre los tratamientos, indicando que al menos una concentración de biol bovino aumentó el número de hojas. Se observó un coeficiente de variabilidad del 7.21%, indicando una notable consistencia en los resultados, respaldada por un coeficiente de correlación (R^2) de 0.863.

La tabla 11 y la figura 4 muestran que el tratamiento T2 (Biol bovino al 5%) tuvo el mayor número de hojas, con un promedio de 32.73, significativamente superior a T1 (Testigo) con 29.88 hojas, que no difiere significativamente de T3 (Biol bovino al 10%) con 28.35 hojas. T4 (Biol bovino al 15%) con 27.85 hojas y T5 (Biol bovino al 20%) con 27.43 hojas no mostraron diferencias significativas entre sí, pero sí con T1.

Figura 4:

Promedio de número de hojas a los 45 días



4.4. Longitud de Raíz (cm)

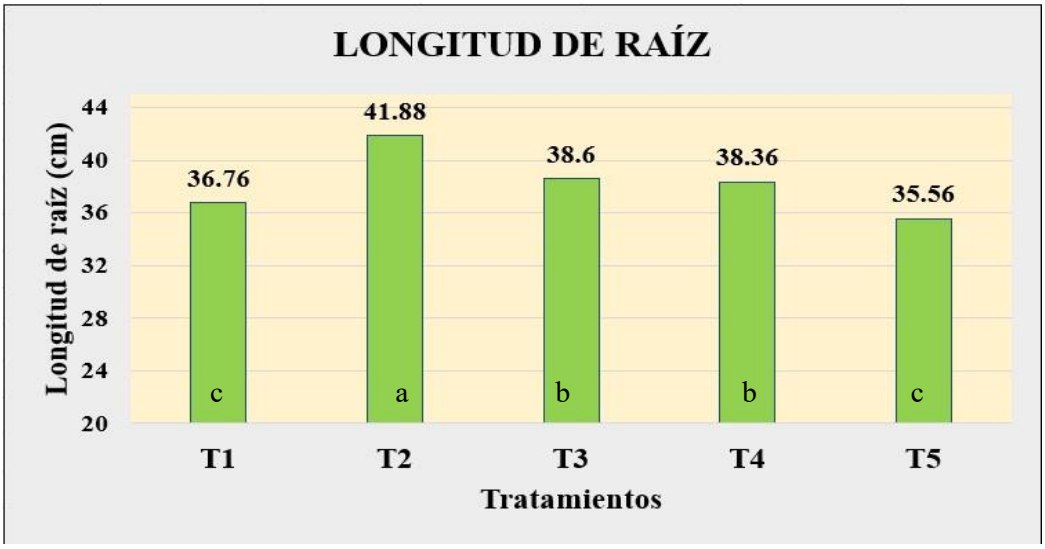
La evaluación de la longitud de raíz se realizó 45 días después del trasplante, al finalizar el experimento. Los resultados permitieron llevar a cabo un análisis de varianza (Tabla 10) y determinar diferencias significativas entre los tratamientos mediante la prueba de Tukey (α=0.05).

El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre los tratamientos, indicando que al menos una concentración de biol bovino aumentó la longitud de raíz. Se observó un coeficiente de variabilidad del 5.94%, indicando una notable consistencia en los resultados, respaldada por un coeficiente de correlación (R^2) de 0.911.

La tabla 11 y la figura 5 muestran que el tratamiento T2 (Biol bovino al 5%) tuvo la mayor longitud de raíz, con un promedio de 41.88 cm, significativamente superior a T3 (Biol bovino al 10%) con 38.6 cm y T4 (Biol bovino al 15%) con 38.36 cm, que no difieren entre sí. T1 (Testigo) con 36.76 cm no mostró diferencias significativas con T5 (Biol bovino al 20%) que tuvo el promedio más bajo de 35.56 cm.

Figura 5:

Promedio de la longitud de raíz a los 45 días



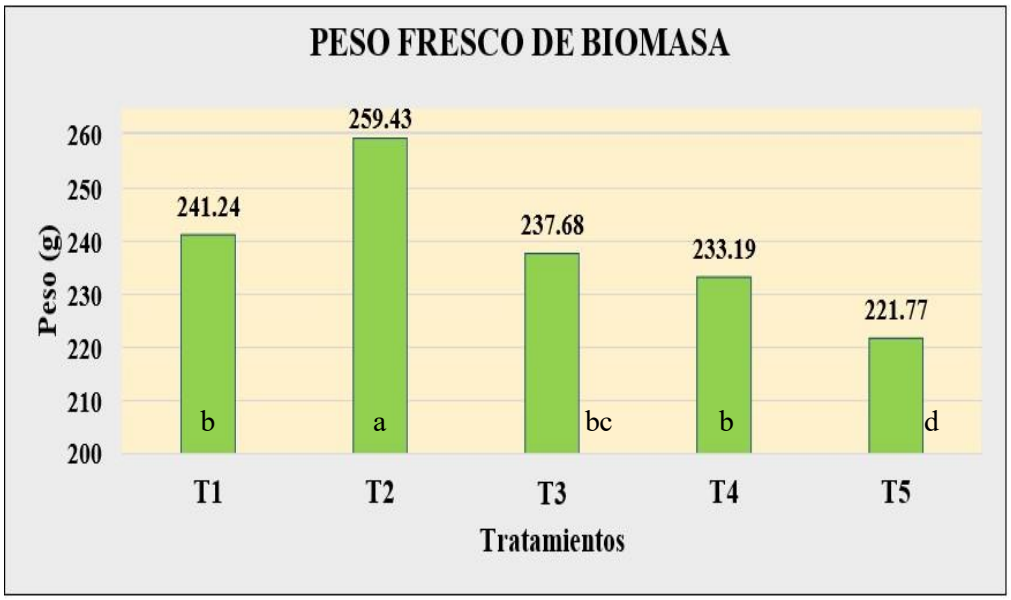
4.5. Peso Fresco de Biomasa Total (g).

La evaluación del peso fresco de la biomasa se realizó 45 días después del trasplante, al finalizar el experimento. Los resultados permitieron llevar a cabo un análisis de varianza (Tabla 10) y determinar diferencias significativas entre los tratamientos mediante la prueba de Tukey (α=0.05).

El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre los tratamientos, indicando que al menos una concentración de biol bovino aumentó el peso fresco de la biomasa. Se observó un coeficiente de variabilidad del 6.71%, indicando una notable consistencia en los resultados, respaldada por un coeficiente de correlación (R^2) de 0.972.

La tabla 11 y la figura 6 muestran que el tratamiento T2 (Biol bovino al 5%) tuvo el mayor peso fresco, con un promedio de 259.43 g, significativamente superior a T1 (Testigo) con 241.24 g. T1 no difiere significativamente de T3 (Biol bovino al 10%) con 237.68 g, y T3 no difiere significativamente de T4 (Biol bovino al 15%) con 233.19 g. El tratamiento T5 (Biol bovino al 20%) tuvo el valor más bajo, con 221.77 g, mostrando diferencias significativas con los otros tratamientos.

Figura 6: Promedio de peso fresco de biomasa a los 45 días



4.6. Peso Seco de Biomasa (g)

La evaluación del peso seco de la biomasa se realizó 45 días después del trasplante, al finalizar el experimento. Los resultados permitieron realizar un análisis de varianza (Tabla 10) y determinar diferencias significativas entre los tratamientos mediante la prueba de Tukey (α=0.05).

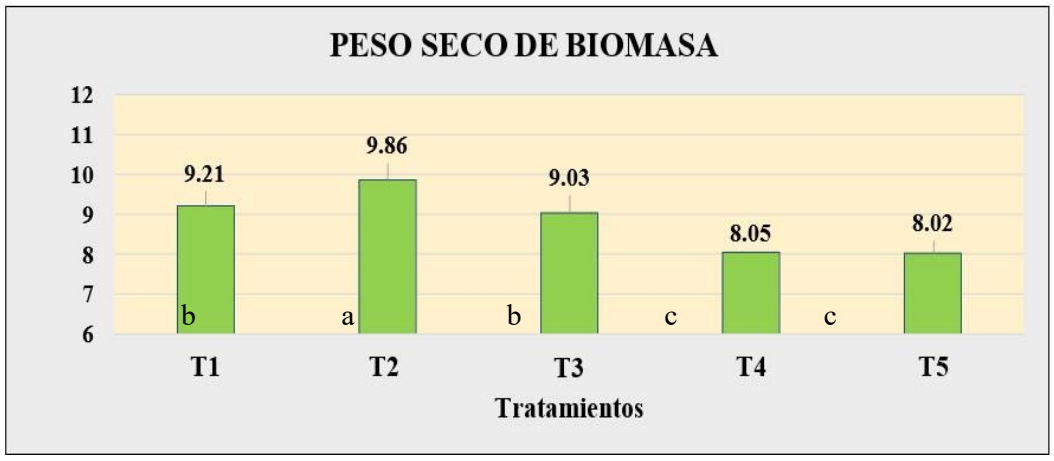
El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre los tratamientos, indicando que al menos una concentración de biol bovino aumentó el peso seco de la biomasa. Se observó un coeficiente de variabilidad del 8.29%, indicando una notable consistencia en los resultados, respaldada por un coeficiente de correlación (R^2) de 0.983.

La tabla 11 y la figura 7 muestran que el tratamiento T2 (Biol bovino al 5%) tuvo el mayor peso seco, con un promedio de 9.86 g, significativamente superior a T1

(Testigo) con 9.21 g y T3 (Biol bovino al 10%) con 9.03 g, que no difieren entre sí. T4 (Biol bovino al 15%) con 8.05 g no mostró diferencias significativas con T5 (Biol bovino al 20%) que tuvo el promedio más bajo de 8.02 g.

Figura 7:

Promedio de peso seco de biomasa a los 45 días



CAPITULO V

DISCUSIÓN

5.1. Altura de Planta

Los resultados obtenidos se pueden atribuirse a la respuesta de la lechuga White Boston al nitrógeno disponible en la dosis de biol bovino al 5%, lo cual generó un tamaño promedio de 26.8 cm en las plantas. Este valor es superior al reportado por (Huaroto, 2023), quien utilizó humus líquido de lombriz en la solución nutritiva y logró una altura promedio de 24.6 cm en las cabezas de las plantas. Sin embargo, (Maldonado, 2023) reporta alturas aún mayores en su estudio, donde aplicó una dosis de 12 L de humus líquido de lombriz y obtuvo promedios de 27.2 cm en la variedad Crespa, 27.1 cm en Seda, y 27.0 cm en White Boston. Este incremento en altura podría explicarse por la mayor concentración de nitrógeno, fósforo y ácidos húmicos y fúlvicos en el biol.

5.2. Diámetro de Cabeza de Lechuga (cm)

Los resultados obtenidos en el diámetro de la cabeza de lechuga muestran variaciones significativas según el biofertilizante utilizado. En mi estudio, el diámetro promedio fue de 27.95 cm. Sin embargo, (Huaroto, 2023) reporta un diámetro superior de 44 cm al emplear 12 litros de humus líquido de lombriz, destacando una diferencia notable. Por otro lado, (Maldonado, 2023) encontró promedios de diámetro en las variedades Crespa, Seda y White Boston de 27.2 cm, 27.1 cm y 27.0 cm, respectivamente, resultados similares a los de mi investigación.

5.3. Numero de Hojas

Al comparar nuestros resultados con investigaciones similares, como la de (Maldonado, 2023), se observa una diferencia significativa al utilizar 12 litros

de humus líquido de lombriz. En su estudio, las variedades Seda, Crespa y White Boston presentaron promedios de 40.3, 40.3 y 39.8 hojas por planta,

respectivamente, En contraste, en nuestra investigación, utilizando el tratamiento T2 (Biol bovino al 5%), se obtuvo un promedio de 32.73 hojas por planta, lo que representa un valor menor en comparación con los promedios reportados por Maldonado Lino.

5.4. Longitud de Raíz (cm).

En cuanto a los resultados obtenidos, el tratamiento T2 (Biol bovino al 5%) mostró la mayor longitud de raíz, con un promedio de 41.88 cm, lo cual se atribuye a las características del biol que favorecieron una mejor absorción de nutrientes por parte de la planta.

De manera similar, (Huaroto, 2023), al evaluar el efecto de cuatro dosis de humus líquido de lombriz bajo condiciones de invernadero en Pucallpa, obtuvo promedios de longitud de raíz de 38.8, 37.6, 37.5 y 33.8 cm en las variedades Seda, Crespa, White Boston y Morada, respectivamente. Por otro lado, (Maldonado, 2023) reportó un crecimiento significativo en el tamaño de la raíz, destacando las variedades Seda, Crespa y White Boston, que alcanzaron longitudes de raíz de 44.1, 41.3 y 38.0 cm, respectivamente.

5.5. Peso Fresco de Biomasa Total (g)

Al evaluar esta variable, (Maldonado, 2023) obtuvo resultados menores en su estudio sobre las variedades Seda, White Boston y Crespa, con pesos promedios de 97.2 g, 96.6 g y 99.0 g, respectivamente. En contraste, en nuestro estudio, el tratamiento T2 (Biol bovino al 5%) presentó un peso fresco superior, con un promedio de 259.43 g. Sin embargo, (Huaroto, 2023) reportó resultados aún mayores al aplicar 12 litros de humus líquido de lombriz, logrando un peso fresco de biomasa total de 337.7 g por planta.

5.6. Peso Seco de Biomasa Total (g)

Con respecto a la variable de peso seco de la biomasa, se obtuvieron resultados muy similares a los reportados por (Huaroto, 2023), quien registró pesos secos promedios de biomasa total de 10.3, 9.0 y 8.1 g. Estos valores son comparables al promedio de 9.86 g alcanzado en nuestro estudio con el tratamiento T2 (Biol bovino al 5%).

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se llevó a cabo la presente investigación y de acuerdo con los resultados obtenidos, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- El uso de biol bovino al 5% en el Tratamiento T2 mostró incremento significativo en el crecimiento de la lechuga, con un promedio de 26.18 cm de altura de planta, un diámetro de cabeza de 27.95 cm, 32.73 hojas por planta en promedio, y una longitud de raíz de 41.88 cm.
- El tratamiento con biol bovino a una concentración del 5%, mostraron un mejor promedio en peso fresco por planta (259.43 gr) y peso seco por planta (9.86 gr).

CAPITULO VII

RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, se llegaron a las siguientes recomendaciones:

- Emplear el tratamiento T2 (5% de biol bovino) en cultivos hidropónicos de lechuga, especialmente en regiones similares a Pucallpa, debido a su efectividad en maximizar el crecimiento y rendimiento del cultivo.
- Considerar el uso del tratamiento T3 (10% de biol bovino), ya que ha mostrado el segundo mejor resultado y tiene el potencial de ofrecer una alta productividad.
- Realizar futuros trabajos de investigación que utilicen otros tipos de biol y exploren sus distintas variabilidades permitirá obtener un panorama más amplio sobre su efecto en diversas condiciones, optimizando así su aplicación y eficacia en distintos contextos agronómicos.
- Llevar a cabo un análisis detallado de la capacidad del biol, el cual podría servir como base para futuras investigaciones en la escuela, ampliando su aplicabilidad y optimizando su uso en diversos estudios académicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aparcana, S. (2008). *Estudio sobre el valor fertilizante de los productos del proceso de fermentación anaerobia para la producción de biogás* (en línea).10p. http://www.german-profec.com/cms/upload/Reports/Estudio%20sobre%20el%20Valor%20Fertilizante%20de%20los%20Productos%20del%20Proceso%20Fermentacion%20Anaerobica%20para%20Produccion%20de%20 Biogas_ntz.pdf

Arcos, B; Benavides, O; Rodríguez, M. (2019). *Evaluación de dos sustratos y dos dosis de fertilización en condiciones hidropónicas bajo invernadero en lechuga Lactuca sativa L.* Revista de ciencias agrícolas 28(2):95-108.file:///C:/Users/R6066/Downloads/DialnetsDosisDeFertilizacionEn-5104092.pdf

Beltrano, J y Giménez, OD. (2019). *Cultivo en hidroponía: Libros de catedra, Argentina*. 181 p. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/46752

Biblioteca Técnica de Servicios y Almácigos S.A. (2023). *La Serena Chile, el cultivo de lechuga (en línea*. http://www.almacigos.cl/bt/el%20cultivo%20de%20la%20lechuga.pdf

Carrasco, AG; Urrestarazu, M y Sandoval, C. (2016). *Ediciones Mundiprensa*:

Manual práctico del cultivo de la lechuga. (2023). Disponible en: https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484766728/manual-practico-del-cultivo-de-la-lechuga

Casseres, E. (1996). *Producción de hortalizas*. Instituto de Ciencias Agrarias de la OEA. 414 p. Disponible en: http://repositorio.iica.int/handle/11324/6792

Catata, L. (2015). *Comparativo de variedades de lechuga (Lactuca sativa L.) y soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico, en el sistema NFT tipo*

piramidal, bajo condiciones de invernadero en Arequipa (en línea). [Tesis Ing. Agro. Arequipa, Perú, UNAS]. 119 p. Consultado el 22 de agt. 2023. Disponible en: https://repositorio.unsa.edu.pe/items/719ce649-2a45-4779-8e06-6384488712cb

Catellanos, DE; Rincón, JM y Arguello, H. (2019). *Evaluación del efecto de un biofertilizante ligado a un soporte orgánico mineral en un cultivo de lechuga en la Sabana de Bogotá bajo condiciones de invernadero.*9(1): 72-85. Disponible en: http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v9n1/v9n1a07.pdf

Cotrina, GG; Masgo, LN; Tumbay, YY; Alejos; IW; Córdova, P; Patiño, AR. (2020). *Efectos del biol y súper biol en la producción agroecológica de la lechuga (Lactuca sativa) variedad seda*. Journal of the Academy (3): 17-31. Disponible en: https://journalacademy.net/index.php/revista/article/view/23

Gutiérrez, MD. (2021). *Respuesta de la lechuga al uso de bio preparados provenientes del tratamiento de los residuos del eviscerado de la trucha Arcoíris (Oncorhynchus mykiss) mediante ensilaje químico (en línea).* [Tesis Ing. Agro. Bogota DC, Colombia, UDCA]. 62 p. Disponible en: https://repositorio.udca.edu.co/handle/11158/3789

Hoffman P. (2007). *Herbolaria y nutrición natural. La salud al alcance de todos*. México. p 113. Consultado el 21 de agt. 2023. Disponible en: https://pendulo.com/libro/herbolaria-y-nutricionnatural_285432

Huallpa, R; Céspedes, R y Esprella, B. (2016). *Evaluación del efecto de Biol bovino en la producción y calidad de la avena forrajera (Avena sativa l.), en época de invierno en la estación experimental Choquenaira, Viacha- La Paz.* Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, 3(1), 103-114. Consultado el 21 de agt. 2023. Disponible en: https://riiarn.umsa.bo/index.php/RIIARn/article/view/59

Huaroto, Y. (2023). *Efecto de cuatro dosis del humus liquido de lombriz en el crecimiento y rendimiento del cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.) en sistema hidropónico en Pucallpa*. https://hdl.handle.net/20.500.14621/6630

Inicio, PK. (2019). *Efecto de cuatro dosis de biol en el rendimiento de lechuga (Lactuca sativa L) variedad white boston en Cajamarca (en línea)*. [Tesis Ing. Cajamarca, Perú. UNC]. 67 p. Consultado el 22 de agt. 2023. Disponible en: http://hdl.handle.net/20.500.14074/3063

INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). (2009). Encuesta Nacional de Presupuestos Familiares (ENAPREF). Disponible en:https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_28/cap01.pdf

INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria). (2005). *Producción de Biol Abono Líquido Natural y Ecológico, Estación Experimental Illpa- Puno (en línea)*. http://www.quinoa.life.ku.dk/media/Quinoa/docs/pdf/Outreach/ManuaiBiolfinal.ashx.

Jaén, B. (2011). *Guía para uso y la preparación de biol (en línea*). Convenio 10-Co1-043 Seguridad Alimentaria y Desarrollo Económico Local En Bolivia Y Ecuador". Bolivia. Consultado el 28 de Agt. 2023. Disponible en: http://saludpublica.bvsp.org.bo/cc/bo40.1/documentos/676.pdf

Luna, AF. (2014). *Determinación del potencial de residuos sólidos de gallina de postura, ganado vacuno y porcino, en la provincia de Coronel Portillo y Padre Abad, región Ucayali; 2014*. [Tesis Ing. Ucayali, Perú, UNU].69p. Disponible en:http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/2242/000002085T.pdf

Maldonado, S. (2023). *Efecto de la aplicación de una dosis de humus liquido de lombriz en el crecimiento y rendimiento de cuatro variedades de lechuga (lactuca sativa l.) cultivadas en solución nutritiva en Pucallpa – Ucayali 2023*. https://hdl.handle.net/20.500.14621/6789

Maroto, JV. (1995). H*orticultura*. Mundi-Prensa. Ed. 4. Consultado el 12 de agt. 2023. Disponible en: https://www.mundiprensa.com/catalogo/horticultura-herbacea-especial

Martin, F. (2003). *Manual la fertilización en la agricultura ecológica. (en línea)*. Consultado el 16 de agt. 2023. Disponible en www.agroinformacion.com.

Melo, L (2018). *Efecto de las soluciones nutritivas, te de estiércol y biol en la producción hidropónica de 3 variedades de lechuga (Lactuca sativa l.).* [Tesis Ing. Cusco, Perú, UNSAAC].149 p. https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/6708

Orellana, CM; León, EE. (2011). *Evaluación de la producción del cultivo hidropónico de 3 variedades de pimiento (capslcum annum), bajo invernadero en la solución nutritiva La Molina (Bachelor's thesis*). [Tesis Ing. Agro. Universidad De Cuenca, Azuay, Ecuador]. 134 p. Consultado el 21 de agt. Disponible en: http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/3026

Pérez, P. y Viniegra, G. (2007). *Potencial del uso de estiércol en la alimentación de bovinos. Universidad Nacional Autónoma De México (en línea*). Consultado el 18 agosto 2023. Disponible en: https://www.fmvz.unam.mx/fmvz/cienciavet/revistas/CVvol1/CVv1c10.pdf

Pertierra, R; y Quispe, J. (2020). *Análisis económico de lechuga hidropónicas bajo sistema raíz flotante en clima semiárido*. Rev. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. 31(1):118 - 130. Consultado el 20 de agt. 2023. Disponible en: https://doi.org/10.17163/lgr.n31.2020.09

Pizarro, V; Constanza, J; Ibacache, G; Contreras, C; Leris, L; Alfaro, V. (2019*). Módulos Hidropónicos Sistema Raíz Flotante (SRF): producción de lechugas y berros bajo invernadero*. INÍA (Intihuasi. Instituto Investigaciones Agropecuarias). Inf. N° 85. Consultado el 10 de agt. 2023, Disponible en: http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR41764.pdf

Prado, K. (2018). *Efecto de tres concentraciones de nitrato de calcio en el rendimiento de Lactuca sativa L. "lechuga", en cultivo hidropónico en Ayacucho (enlínea*). [Tesis ing. Biol. Universidad Nacional De San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Per]ú. 85 p. Consultado el 18 de ago. 2023. Disponible en: http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2849

Restrepo Rivera, J. (2001). Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares Experiencias con agricultores en Mesoamérica y Brasil. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

Rogel, MI. (2018). *Respuesta de tres variedades de lechuga (Lactuca sativa L.) a cuatro soluciones nutritivas, bajo condiciones hidropónicas en invernadero (en línea*). [Tesis Ing. Quito, Ecuador, ECE] .76 p. Consultado el 12 de agt. 2023. Disponible en: http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/16529

Saavedra, G. (2017). *Manual de producción de Lechuga (en línea).* Boletín INIA 2017-374:5-12. Consultado el 22 de agt. 2023. Disponible en: https://hdl.handle.net/20.500.14001/6703

Salgado, S; Nuñez, R. Peña, JJ. (2000). *Respuesta a la soca de caña de azúcar a la fertilización NPK. (en línea).* Agrociencias 34 (6): 689 -698. Consultado el 20 de agt. 2023. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30234603

Vásquez, CB y León, CA. (2022). *Influencia de las concentraciones del bioabono "biol" en el cultivo hidropónico de Lactuca sativa var. longifolia (Asteraceae*). Ed. Arnaldoa 29(1): 137-148. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v29n1/2413-3299-arnal-29-01-137.pdf

ANEXOS

Figura 8:

Croquis de distribución de los tratamientos

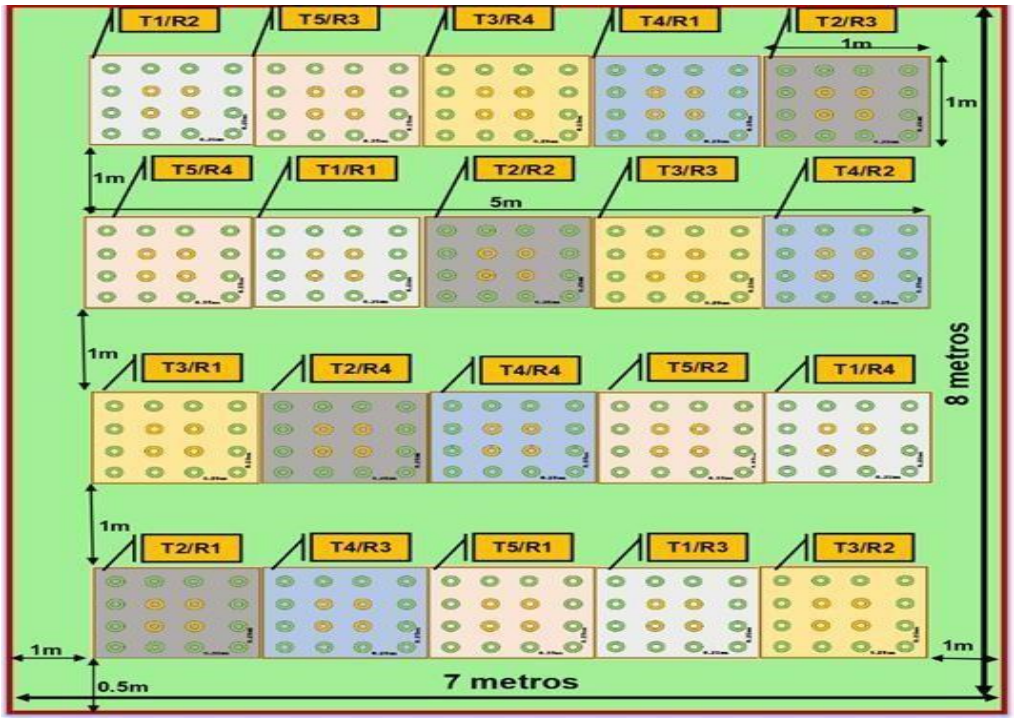


Figura 9:

Ubicación del área de estudio en el laboratorio de hidroponía de la UNU

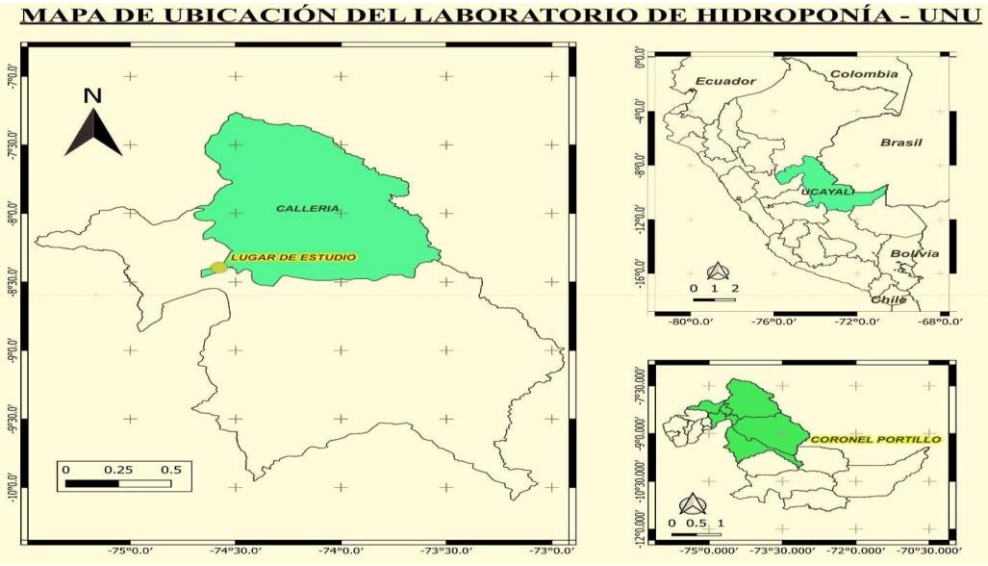


Tabla 15:

Dimensiones y cualidades del estudio

Área total del estudio (Vivero)	
Largo neto	8.00 m
Ancho neto	7.00 m
Área total	56 m^2
Número de tratamientos	5
Número de repeticiones	4
Número de plantas totales (población)	320
Área de las unidades experimental	
Largo neto	1 m
Ancho neto	1 m
Área total	0.1 m^2
Número de unidades experimentales (U/E)	20
N° de plantas/UE	16
N° de plantas netas	4
Distanciamiento entre planta	0.2 m

Tabla 16:

Datos climatológicos durante los meses de estudio

Parámetros evaluados	Diciembre	Enero
Temperatura Máxima	34.4°C	34°C
Temperatura mínima	22.8°C	23°C
Humedad relativa	87%	86%
Precipitación (mm)	114.6	171
Horas luz	11.37	11.32
Viento (km/h)	3.0	3.4
Días de lluvia	5	7

Fuente: Estación Meteorológica de la Universidad Nacional De Ucayali

Figura 10:

Datos Recolectados de la altura de plantas

ALTURA DE PLANTA								
TRATAMIENTO	U/E	PLANTAS					PROMEDIO	
		1	2	3	4	5		
Tratamiento 1	1	22.5	22.1	21.7	21.3	20.9	22.7	22.98
Tratamiento 1	2	22.5	22.1	21.7	21.3	20.9	23.8	
Tratamiento 1	3	22.5	22.1	21.7	21.3	20.9	23.0	
Tratamiento 1	4	22.5	26	21.7	21.3	20.9	22.4	
Tratamiento 2	1	26.8	26.9	27.1	27.233333	27.383333	26.1	26.18
Tratamiento 2	2	26.8	26.9	27.1	27.233333	27.383333	25.8	
Tratamiento 2	3	26.8	26.9	27.1	27.233333	27.383333	26.6	
Tratamiento 2	4	26.8	26.9	27.1	27.233333	27.383333	26.2	
Tratamiento 3	1	7	8	7	9	7	24.3	24.13
Tratamiento 3	2	8	8	9	8	6	23.9	
Tratamiento 3	3	9	9	6	8	6	24.2	
Tratamiento 3	4	8	7	8	9	7	24.1	
Tratamiento 4	1	11	8	10	7	8	23.4	23.98
Tratamiento 4	2	7	9	6	12	10	23.8	
Tratamiento 4	3	8	9	11	6	9	24.1	
Tratamiento 4	4	10	6	10	7	11	24.6	
Tratamiento 5	1	8	7	6	8	6	22.7	22.23
Tratamiento 5	2	6	6	26	6	8	22.1	
Tratamiento 5	3	8	7	6	9	6	21.8	
Tratamiento 5	4	8	6	6	10	7	22.3	
							DESV. EST	1.49105667
							CV	6.24003629
							CC	0.92662824

Figura 11:

Datos Recolectados del diámetro de la cabeza

DIAMETRO DE CABEZA								
TRATAMIENTO	U/E	REPETICIONES					PROMEDIO	
		1	2	3	4	5		
Tratamiento 1	1	28.3	26.1	25.6	18.9	18.6	24.70	25.05
Tratamiento 1	2	24.6	22.7	22.4	21.6	25.4	25.17	
Tratamiento 1	3	17.2	19.0	27.3	23.9	22.8	25.38	
Tratamiento 1	4	22.8	20.7	23.1	26.5	23.5	24.93	
Tratamiento 2	1	22.9	26.8	28.1	20.6	25.1	27.60	27.95
Tratamiento 2	2	24.5	26.2	27.1	28.2	19.8	28.10	
Tratamiento 2	3	21.8	25.4	26.3	27.4	26.0	27.80	
Tratamiento 2	4	26.2	24.7	21.5	23.7	28.6	28.30	
Tratamiento 3	1	20.3	21.8	24.1	24.3	23.6	22.82	23.34
Tratamiento 3	2	25.8	24.2	23.6	22.6	21.5	23.54	
Tratamiento 3	3	24.3	23.7	22.4	21.5	25.7	23.52	
Tratamiento 3	4	22.9	24.8	22.5	21.6	25.6	23.48	
Tratamiento 4	1	20.5	23.9	26.8	25.7	24.4	24.26	25.60
Tratamiento 4	2	22.5	26.3	29.5	28.3	26.9	26.68	
Tratamiento 4	3	21.4	25.0	28.0	26.9	25.3	25.31	
Tratamiento 4	4	24.9	25.1	28.1	27.0	25.6	26.15	
Tratamiento 5	1	16.8	19.4	20.8	25.0	19.6	22.50	23.40
Tratamiento 5	2	17.5	20.4	22.8	22.0	20.8	24.60	
Tratamiento 5	3	19.6	22.8	9.0	22.1	23.3	23.40	
Tratamiento 5	4	18.7	21.8	21.6	22.9	22.3	23.10	
							DESV. EST	1.89477743
							CV	7.55898998
							CC	0.9574122

Figura 12:

Datos Recolectados de la longitud de la Raíz

LONGITUD DE RAIZ								
TRATAMIENTO	U/E	REPETICIONES					PROMEDIO	
		1	2	3	4	5		
Tratamiento 1	1	3.20	3.86	3.98	3.36	3.80	36.32	36.76
Tratamiento 1	2	4.98	2.66	3.19	3.61	4.59	38.08	
Tratamiento 1	3	4.23	3.80	1.90	4.00	5.10	36.80	
Tratamiento 1	4	3.95	3.87	3.95	3.88	3.64	35.84	
Tratamiento 2	1	3.80	5.10	4.00	4.05	3.17	41.76	41.88
Tratamiento 2	2	3.42	4.59	3.60	4.89	3.42	41.28	
Tratamiento 2	3	3.80	3.60	3.82	5.20	3.80	42.56	
Tratamiento 2	4	4.10	3.57	4.90	4.12	3.05	41.92	
Tratamiento 3	1	3.87	4.64	3.98	3.32	3.37	38.88	38.60
Tratamiento 3	2	4.41	3.78	4.18	2.96	3.76	38.24	
Tratamiento 3	3	4.10	3.80	2.05	4.64	4.20	38.72	
Tratamiento 3	4	3.90	3.12	4.06	4.01	4.12	38.56	
Tratamiento 4	1	4.06	3.96	4.00	5.20	3.74	37.44	38.36
Tratamiento 4	2	3.81	5.12	3.45	4.67	3.89	38.08	
Tratamiento 4	3	4.00	4.62	4.20	3.97	4.10	38.56	
Tratamiento 4	4	3.82	4.34	3.86	5.20	3.80	39.36	
Tratamiento 5	1	5.30	2.83	2.80	3.91	3.80	36.32	35.56
Tratamiento 5	2	3.95	3.66	3.68	3.61	3.71	35.36	
Tratamiento 5	3	3.16	3.98	3.18	4.25	4.11	34.88	
Tratamiento 5	4	4.12	3.67	4.13	3.22	3.46	35.68	
							DESV. EST	2.38569068
							CV	6.24003629
							CC	0.92662824

Figura 13:

Construcción del invernadero



Figura 14*:*

Construcción de las mesas y de las bandejas hidropónicas



Figura 15:

Limpieza del cilindro para la preparación del biol



Figura 16:

Preparación del biol bovino líquido (albaca, melaza, chancaca, levadura, agua y estiércol)



Figura 17:

Aplicación del biol bovino



Figura 18:

Perforación del tecnoport



Figura 19:

Trasplante de las plántulas



Figura 20:

Supervisión del crecimiento de los testigos, junto a mis jurados



Figura 21:

Evaluaciones y toma de datos (Medida de las hojas, tallos, cabeza)

