

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA



**EFFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE BOKASHI LIQUIDO EN EL
RENDIMIENTO PRODUCTIVO DEL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca
sativa* L.) BAJO UN SISTEMA DE RAIZ FLOTANTE EN PUCALLPA.**

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO AGRÓNOMO

LILA LUCIA LOZANO BARDALES

Pucallpa, Perú

2024



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA
CARRERA PROFESIONAL DE AGRONOMIA



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 tesis, presentada por **LILA LUCIA LOZANO BARDALES**, denominada: **“EFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE BOKASHI LIQUIDO EN EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO DEL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) BAJO UN SISTEMA DE RAIZ FLOTANTE EN PUCALLPA”**, para cumplir con el requisito (académico o título profesional) de **TÍTULO PROFESIONAL**.

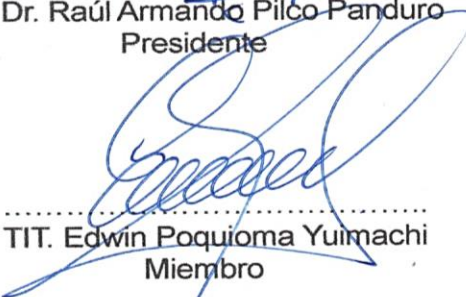
Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por el/la sustentante lo declaramos: **APROBADO POR MAYORÍA** con el calificativo (*) **DIECISEIS (16)**.

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

Pucallpa, 03 de Julio de 2024


.....
Dr. Raúl Armando Pilco Panduro
Presidente


.....
M.Sc. Roger Vásquez Gómez
Secretario


.....
TIT. Edwin Poquioma Yumachi
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.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA
CARRERA PROFESIONAL DE AGRONOMIA



Esta tesis fue sometida a consideración para su aprobación por el jurado evaluador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito parcial para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo.

DR. RAÚL ARMANDO PILCO PANDURO

.....
Presidente

M.SC. ROGER VÁSQUEZ GÓMEZ

.....
Secretario

TIT. EDWIN POQUIOMA YUIMACHI

.....
Miembro

DR. FERNANDO PÉREZ LEAL

.....
Asesor

BACH. LILA LUCIA LOZANO BARDALES

.....
Tesisista



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

N° V/0165-2024.

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 DOSIS DE BOKASHI LIQUIDO EN EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO DEL CULTIVO DE LECHUGA (Lactuca sativa L.) BAJO UN SISTEMA DE RAIZ FLOTANTE-PUCALLPA"

Autor(es) : LOZANO BARDALES, LILA LUCIA
Facultad : CIENCIAS AGROPECUARIAS
Escuela : AGRONOMÍA
Asesor(a) : Dr. PÉREZ LEAL, FERNANDO

Presenta un porcentaje de similitud de 9%, 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: 09/04/2024



Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Lila Lucia Lozano Bardales

Autor de la tesis titulada: Efecto de diferentes dosis de bokashi líquido en el rendimiento productivo del cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.) bajo un sistema de raíz flotante en Pucallpa.

Sustentada el año 2024

Asesor(a): Dr. Fernando Perez Leal

Facultad: Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional: Agronomía

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: 02/11/2024

Email: lilalozanob@gmail.com Firma: [Firma]

Teléfono: 910 046 067 DNI: 71275921

DEDICATORIA.

A Dios por cuidarme y darme la fuerza necesaria para seguir avanzando.

A mi padre Mario Lozano Pereyra y a mi madre Astelia Bardales Layan, que siempre estuvieron guiándome por el buen camino, con mucho sacrificio alentándome y brindándome todo su apoyo durante estos años de mi carrera universitaria.

AGRADECIMIENTO.

Agradezco a la Universidad Nacional de Ucayali, por haberme permitido realizar mi trabajo de investigación en sus instalaciones, a su vez a la Facultad de Ciencias Agropecuarias por brindarme su apoyo.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, escuela profesional de agronomía, por haberme brindado sus conocimientos teóricos y prácticos durante mi estadía como alumna de la carrera profesional.

A mi asesor, el Dr. Fernando Pérez Leal y al M. Sc. Noe Ramírez Flores quienes me apoyo constantemente durante toda la ejecución del presente proyecto de investigación.

A su vez, agradezco a mi hermana Larysa Lozano, mis amigos y amigas en especial ah Manuelex Vásquez y Karol Letona, quienes me apoyaron durante el proceso de la realización del proyecto de investigación.

ÍNDICE GENERAL.

	Pag.
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I.....	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Descripción y fundamentación del problema.....	2
1.2. Formulación del problema general y específicos.....	3
1.2.1. Problema general.....	3
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. Objetivo general y específicos.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Hipótesis.....	4
1.4.1. Hipótesis general.....	4
1.4.2. Hipótesis específicas.....	4
1.5. Variables.....	4
1.5.1. Variable independiente.....	4
1.5.2. Variables dependientes.....	4
1.6. Justificación e importancia.....	5
1.7. Viabilidad.....	6

1.8. Limitaciones.....	6
CAPITULO II.....	7
MARCO TEORICO.....	7
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	7
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	7
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	10
2.1.3. Antecedentes Locales.....	11
2.2. Bases teóricas.....	12
2.2.1. Cultivo de lechuga.....	12
2.2.2. Plagas y Enfermedades.....	14
2.2.3. Variedad White Boston.....	16
2.3. Definiciones conceptuales.....	17
2.3.1. Nutrición vegetal.....	17
2.3.2. Hidroponía.....	19
2.3.3. pH.....	21
2.3.4. Importancia de la conductividad eléctrica en la solución nutritiva.....	22
2.3.5. Nitrato.....	22
2.3.6. La Solución de Hoagland.....	23
2.3.7. Bokashi.....	24
2.3.7. Indicadores de calidad en los vegetales.....	27
2.3.8. Calidad de lechuga.....	28
CAPÍTULO III.....	29
METODOLOGÍA.....	29
3.1. Método de investigación.....	29

3.2. Tipo y nivel de investigación.	29
3.3. Población y muestra.	29
3.4. Componentes en estudio.	29
3.5. Tratamientos en estudio.	30
3.6. Diseño experimental.	30
3.6.1. Croquis del diseño experimental.....	31
3.7. Ejecución del experimento.....	31
3.7.1. Ubicación y duración del estudio.....	31
3.7.2. Condiciones ambientales.	32
3.7.3. Proceso experimental.	32
3.7.4. Variables evaluadas.	35
3.7.5. Datos registrados.....	36
CAPÍTULO IV	37
RESULTADOS.....	37
4.1. Número de hojas de lechuga.	37
4.2. Peso fresco de lechuga.	39
4.3. Peso seco de lechuga.....	41
4.4. Rendimiento de lechuga en t/ha.	43
4.5. Calidad.	45
4.6. Otros datos registrados.	45
CAPÍTULO V.....	46
DISCUSIÓN.....	46
5.1. Número de hojas de lechuga.	46
5.2. Peso fresco de lechuga.	46

5.3. Peso seco de lechuga.....	47
5.4. Rendimiento de lechuga en t/ha.	47
5.5. Calidad.	47
CAPITULO VI.....	48
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	48
6.1. Conclusiones.	48
6.2. Recomendaciones.	49
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
ANEXOS.....	56

RESUMEN.

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el invernadero de la Universidad Nacional de Ucayali, con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de las diferentes dosis de Bokashi líquido en el rendimiento productivo del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en sistema de raíz flotante. Se empleó el diseño completamente al azar (DCA) que contó con 6 tratamientos y 3 repeticiones. Los tratamientos que se utilizaron fueron de 0.1 %, 0.5 %, 1.0 %, 1.5 %, 2.0 %, de Bokashi líquido/l de agua con solución nutritiva de Hoagland y Arnon (SN H y A) al 50%, para evaluar el efecto en las variables de número de hojas, peso fresco, peso seco, rendimiento productivo y calidad de la lechuga. En base a los resultados obtenidos, el tratamiento T1(0.1%) fue superior a los demás tratamientos en estudio con un promedio de 17.73 hojas, peso fresco de 34.33 g/planta, peso seco de 1.83 g/planta y un rendimiento de 3.44 t/ha, en calidad el T1 pudo obtener plantas de lechuga de color verde claro, textura suave y con tamaño de hoja de 14.3 cm.

Palabras clave: Bokashi líquido, dosis, lechuga, rendimiento, sistema de raíz flotante.

ABSTRACT.

The present research work was developed in the greenhouse of the National University of Ucayali, with the objective of evaluating the effect of the application of different doses of liquid Bokashi on the productive performance of lettuce cultivation (*Lactuca sativa* L.) in a system floating root. The completely randomized design (DCA) was used, which had 6 treatments and 3 repetitions. The treatments used were 0.1%, 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% of liquid Bokashi/l of water with 50% Hoagland and Arnon (SN H and A) nutrient solution, to evaluate the effect in the variables of quality, number of fresh weight, dry weight and productive yield and leaves of lettuce. Based on the results obtained, treatment T1 (0.1%) was superior to the other treatments in the study with an average of 17.73 leaves, fresh weight of 34.33 g/plant, dry weight of 1.83 g/plant and a yield of 3.44 t /ha, in quality in T1 it was possible to obtain lettuce plants of light green color, soft texture and with a leaf size of 14.3 cm.

Keywords: Liquid bokashi, dosage, lettuce, yield, floating root system.

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Clasificación taxonómica del cultivo de lechuga.	13
Tabla 2. Composición nutritiva de la lechuga por 100 g. parte comestible.	13
Tabla 3. Datos del cultivo de lechuga White Boston.	17
Tabla 4. Contenidos máximos de nitrato en lechuga regulados por la comisión Europea (CE) N° 563/2002 (1).	23
Tabla 5. Base de la solución de hoagland.	24
Tabla 6. Especificaciones referenciales de la calidad del bokashi sólido.	26
Tabla 7. Composición química del bokashi líquido.	27
Tabla 8. Datos registrados del experimento.	36
Tabla 9. Prueba de promedios de Tukey ($\alpha=0.05$) para número de hojas de plantas de lechuga	37
Tabla 10. Prueba de promedios de Tukey ($\alpha=0.05$) para peso fresco en g/plantas de lechuga	39
Tabla 11. Prueba de promedios de Tukey ($\alpha=0.05$) para peso seco en g/plantas de lechuga	41
Tabla 12. Prueba de promedios de Tukey ($\alpha=0.05$) para rendimiento del cultivo de lechuga.	43
Tabla 13. Datos de calidad en los tratamientos.	45
Tabla 14. Prueba de normalidad de Shapiro Wilks.	57
Tabla 15. Análisis de varianza del número de hojas de las plantas de lechuga.	57
Tabla 16. Análisis de varianza del peso fresco de las plantas de lechuga.	57
Tabla 17. Análisis de varianza del peso seco de las plantas de lechuga.	58
Tabla 18. Análisis de varianza del rendimiento de las plantas de lechuga.	58
Tabla 19. Macro y micronutrientes de la solución nutritiva de Hoagland y Arnon.	59

ÍNDICE DE FIGURAS.

En el texto:

Figura 1. <i>Croquis del diseño experimental.</i>	31
Figura 2. <i>Ubicación del Invernadero.</i>	32
Figura 3. <i>Variación del número de hojas de lechugas (Lactuca sativa L.)</i>	38
Figura 4. <i>Variación de Peso Fresco de Lechugas (Lactuca sativa L.)</i>	40
Figura 5. <i>Variación de peso seco de lechugas (Lactuca sativa L.)</i>	42
Figura 6. <i>Variación del rendimiento de lechugas (Lactuca sativa L.)</i>	44

En anexo:

Figura 7A. <i>Análisis de bokashi líquido.</i>	60
Figura 8A. <i>Medición y perforación del tecnopor.</i>	61
Figura 9A. <i>Instalación del equipo de aire acondicionado.</i>	61
Figura 10A. <i>Adquisición de las semillas de lechuga White Boston.</i>	61
Figura 11A. <i>Preparación del sustrato y cama germinadora.</i>	61
Figura 12A. <i>Siembra y germinación de las semillas.</i>	62
Figura 13A. <i>Riego del almacigo.</i>	62
Figura 14A. <i>Preparación y aplicación de la solución nutritiva al 25%.</i>	62
Figura 15A. <i>Repique de las plántulas de lechuga.</i>	63
Figura 16A. <i>Monitoreo preventivo y control fitosanitario de las lechugas.</i>	63
Figura 17A. <i>Preparación y aplicación de la solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50% más dosis de bokashi líquido.</i>	63
Figura 18A. <i>Cosecha.</i>	64
Figura 19A. <i>Peso fresco.</i>	64
Figura 20A. <i>Peso seco.</i>	64

Figura 21A. *Toma del pH, CE y temperatura del agua.* 65

Figura 22A. *Temperatura dentro del invernadero, antes y después de hacer uso del equipo de aire acondicionado.* 65

INTRODUCCION.

En el año 2050, el aumento de la población mundial requerirá un incremento del 60% en la producción agrícola, lo que provocará un desabastecimiento de alimentos (Urrestarazu, 2015).

Debido a que no somos productores directos, la región de Ucayali tiene una alta demanda de hortalizas. Las hortalizas son cruciales para alimentar a las personas en todo el mundo; sus hojas, tallos y raíces se consumen para compensar las necesidades nutricionales, aportando vitaminas, minerales y proteínas que mejoran la salud de las personas (Ollúa y Chiesa, 2016).

En términos de tecnología agrícola, la hidroponía es una de las más actualizadas. Reduce significativamente el uso del agua y es adaptable en variedad de cultivos, especialmente los de ciclo corto, brindando a los productores la oportunidad de optimizar constantemente la producción en invernaderos y diferentes climas (Linares, J. y Zúñiga, C., 2019). La hidroponía, que proviene de las palabras hidro (agua) y PONOS (trabajo o labor), que significa trabajo en agua, es una técnica que permite cultivar plantas sin el suelo. Es un sistema en el que una planta puede crecer utilizando agua y solución nutritiva (Beltrano y Gimenez, 2015).

La lechuga es el cultivo hidropónico más consumido del mundo dentro del grupo de hortalizas de hojas, con una gran variedad de tipos de hojas y hábitos de crecimiento (Birgi, Bonil, y Haro, 2018). En este caso, se utilizará bokashi líquido en un sistema hidropónico. El bokashi es un biol orgánico que contiene microorganismos y nutrientes para el crecimiento de la planta.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1. Descripción y fundamentación del problema.

El aumento de la población mundial ha provocado un incremento en la demanda de alimentos, así como una mayor explotación agrícola, el cual hace frecuentemente el uso de agroquímicos, dejando suelos sobre explotados y pobres en nutrientes, además realizando un inadecuado uso del recurso hídrico. Para poder reducir estos acontecimientos, la hidroponía puede convertirse en una alternativa para regular la sobre explotación de los suelos y desgaste del recurso hídrico, ya que al hacer uso de esta técnica tendrán plantas en diferentes densidades y espacios controlados, reduciendo el consumo de agua entre un 70 % y un 90 % en comparación con el cultivo tradicional, pero el desconocimiento de la población impide incorporar esta técnica de manera eficiente, a consecuencia de esto en algunas zonas sigue habiendo una excesiva explotación del territorio natural. (Tafet, 2022).

La hidroponía pretende establecerse como un método efectivo que permite obtener cultivos de buen rendimiento y calidad reduciendo el impacto ambiental, de manera que para los agricultores este sea un mecanismo para un mayor aprovechamiento de sus áreas, integrando de esta manera a los bioles orgánicos dentro de los cuales se encuentra el bokashi líquido el cual es amigable con el medio ambiente ya que este biol orgánico puede ayudar a aumentar la producción agrícola sostenible, así reduciendo el uso convencional de productos agroquímicos, que afecta tanto al agricultor, su producción y el medio ambiente., (Beltrano & Gimenez, 2015).

El presente estudio examinó el impacto de diferentes dosis de bokashi líquido en el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo un sistema de raíz flotante debido a la importancia de los sistemas hidropónicos.

1.2. Formulación del problema general y específicos.

1.2.1. Problema general.

- ¿Cuál será el efecto de la aplicación de las diferentes dosis de bokashi líquido para la productividad del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo un sistema de raíz flotante en Pucallpa?

1.2.2. Problemas específicos.

- ¿Cuál será el efecto de la aplicación de las 5 diferentes dosis de bokashi líquido en el rendimiento productivo del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo un sistema de raíz flotante en Pucallpa?
- ¿Cuál es el efecto de la aplicación de las diferentes dosis de bokashi líquido en la calidad del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo un sistema hidropónico de raíz flotante?

1.3. Objetivo general y específicos.

1.3.1. Objetivo general.

- Evaluar el efecto de la aplicación de las diferentes dosis de bokashi líquido en el rendimiento productivo del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo un sistema de raíz flotante.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Determinar el efecto de la aplicación de las 5 diferentes dosis de bokashi líquido en el rendimiento productivo del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo un sistema de raíz flotante.
- Determinar el efecto de la aplicación de las diferentes dosis de bokashi líquido en la calidad del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo un sistema de raíz flotante.

1.4. Hipótesis.

1.4.1. Hipótesis general.

- Si aplicamos diferentes dosis de bokashi líquido en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo un sistema de raíz flotante, entonces al menos una de ellas incrementará la productividad del cultivo.

1.4.2. Hipótesis específicas.

- La aplicación de las 5 diferentes dosis de bokashi líquido en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo un sistema de raíz flotante incrementará la productividad del cultivo.
- La aplicación de las diferentes dosis de bokashi líquido en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo un sistema de raíz flotante se diferenciará en la calidad de cada tratamiento.

1.5. Variables.

1.5.1. Variable independiente.

Dosis de bokashi líquido.

1.5.2. Variables dependientes.

Número de hojas de lechuga.

Peso fresco de la lechuga.

Peso seco de la lechuga.

Rendimiento de lechuga en t/ha.

Calidad.

1.6. Justificación e importancia.

De acuerdo al trabajo de investigación se plantea encontrar una alternativa orgánica empleando un sistema hidropónico de raíz flotante con la aplicación de un biol orgánico como lo es el bokashi líquido, así teniendo el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de diferentes dosis de bokashi líquido analizando el rendimiento y calidad del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) para desarrollar una alternativa que sea beneficiosa para los agricultores y ecoamigable como el medio ambiente.

En relación del uso de un sistema hidropónico con biol orgánico se busca la reducción de fertilizantes químicos que son considerados como no orgánicos y controlar el recurso hídrico, permitiendo mantener un equilibrio ecológico entre los recursos naturales que se han visto en deterioro con el paso de tiempo, de igual manera se pretende beneficiar directamente a los agricultores los cuales podrán incorporar nuevas tecnologías de producción, así como el poder usar el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) con biol orgánico como el bokashi líquido, expresando la productividad del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en su rendimiento y calidad, ya que al contar con los conocimientos básicos y necesarios en emplear un sistema hidropónico suministrando las dosis necesarias de bokashi líquido para que este pueda ser absorbido por la planta de lechuga (*Lactuca sativa* L.) de manera que disponga de los nutrientes necesarios para una buena productividad en su rendimiento y calidad, mostrando sus características cualitativas de coloración, textura y tamaño, siendo llamativo para el consumidor.

Los resultados nos revelaron cómo usar el bokashi líquido de manera que el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.), muestren buenas características en el rendimiento y calidad, lo que beneficia a la comunidad científica y los productores

1.7. Viabilidad.

La viabilidad del proyecto es aceptable, debido a que se pudo realizar todas las actividades establecidas, además se pudo determinar el efecto de diferentes dosis de bokashi líquido en el rendimiento productivo del cultivo de lechuga bajo un sistema de raíz flotante y está también fue favorecida por los siguientes aspectos.

Se pudo obtener información de diversos artículos e información bibliográfica, debido a las experiencias de otros investigadores, ya que sus trabajos de investigaciones estuvieron relacionados al tema de investigación planteado.

De acuerdo al tiempo de ejecución, fue factible debido a que solo constó de 2 meses que fueron mayo y junio, para luego realizar la redacción del informe final, involucrando los objetivos, el planteamiento del problema, marco teórico, diseño experimental, resultados, discusión y conclusiones, para así poder dar recomendaciones de acuerdo a la experiencia obtenida.

Para la adquisición de semillas fue viable debido a la fácil accesibilidad en tiendas que lo comercializan.

Debido al compromiso de parte de la tesista, las labores de ejecución se llevaron con normalidad.

Con esta investigación se dará un uso eficiente al recurso hídrico, favoreciendo a nuevas técnicas hidropónicas como el uso de bokashi entre otras soluciones orgánicas líquidas, para así poder conservar mejor el gran recurso hídrico que es el agua.

1.8. Limitaciones.

Para el inicio de la ejecución, fue difícil conseguir el bokashi líquido debido a que para poder adquirir este producto se tuvo que realizar el pedido con anticipación de Aguaytía y esperar la entrega del producto.

CAPITULO II

MARCO TEORICO.

2.1. Antecedentes de la Investigación.

2.1.1. Antecedentes Internacionales.

Ruiz (2021), el objetivo de la investigación fue probar la eficacia de dos biofertilizantes (bokashi líquido y té de estiércol) en tres sistemas de cultivo diferentes (hidroponía, semi hidroponía y suelo) en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L). Para comparar los rendimientos en masa verde, masa seca, densidad radicular, porcentaje de incidencia de plagas y enfermedades, se utilizaron cinco soluciones nutritivas, 2% de té de estiércol enriquecido, 2% de té de estiércol sin enriquecer, 5% de bokashi líquido enriquecido y 5% de bokashi líquido sin enriquecer, y una solución nutritiva química. El diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA), las variables 1, rendimiento en masa verde (MV), la variable 2 masa seca (MS), y la variable 3 densidad radicular (DR) se utilizaron. En esta investigación, la solución química más sistema de suelo (QSU) tuvo la mejor interacción entre la variable MV y MS, con 317,43 g MV ocupando la primera categoría en peso comercial y 2,91 g MS; La solución química en el sistema hidropónico (HQ) tenía 7,09 g/ml para la variable DR, lo que resultó en una raíz con más raíces principales y secundarias y más ramificaciones. Para las variables de pH y CE, la solución química tenía un pH de 6,5 a 7,5 y CE de 990 a 1180 ds/m, lo que ayudó a mejorar la absorción de nutrientes del cultivo. La hidroponía (H) y la semihidroponía (S) tuvieron un rango de 0 a 5 % de incidencia, lo que permite obtener un producto limpio y de mayor calidad.

De acuerdo con Ferawati E; *et al.* (2022), en su investigación científica en Kupang, provincia de Nusa Tenggara Oriental (NTT). Ajusto la solución de bokashi de estiércol de vaca a diferentes niveles para determinar el crecimiento del forraje de maíz hidropónico. El diseño se

basó en un diseño de bloques al azar (RAK) que incluía cuatro tratamientos y tres repeticiones. P0 equivale a 1000 ml de agua sin solución de bokashi, P1 equivale a 950 mililitros de agua con 50 mililitros de solución de bokashi al día, P2 equivale a 900 mililitros de agua con 100 mililitros de solución de bokashi al día y P3 equivale a 850 mililitros de agua con 150 mililitros de solución de bokashi al día. El maíz forrajero tiene variables de crecimiento como la altura, la viabilidad y la relación brote-raíz. Como resultado, la solución de bokashi de estiércol de vaca no tuvo un efecto significativo ($P < 0.05$) sobre la altura, la viabilidad y la proporción de brotes y raíces del forraje de maíz. Se encontró que la altura, la viabilidad y la proporción de brotes y raíces del forraje de maíz no fueron afectadas por el nivel de solución de bokashi de estiércol de vaca. Sin embargo, los niveles crecientes de solución bokashi de estiércol de vaca impulsan el crecimiento del forraje de maíz.

Lima, D; *et al.* (2022), el objetivo del estudio fue comparar las variables hortícolas en tres ciclos de cultivo utilizando dos dosis de compost Bokashi, solo y combinado con el bioactivador Pengergetic (Pengergetic International AG®), frente a la fertilización mineral estándar (NPK). Se lleva a cabo en un invernadero de plástico en la Universidad Estadual de Londrina, Brasil (548 metros sobre el nivel del mar). Los tratamientos incluyeron un control negativo (solo agua); un control positivo (NPK, 4-14-8); penergético solo; y Bokashi en dosis de 5 y 10 gramos por planta, con o sin penergético. La biomasa comercial (BC), el diámetro de cabeza (DC), la altura de la planta (AP) y el índice de clorofila (IC) fueron evaluados. En consecuencia, los tratamientos con 10 g de Bokashi por planta, 10 g de Bokashi con nutrientes y NPK superaron a los del testigo. Las variables estudiadas (BC, DC, AP y CI) fueron más altas que el control, pero menor que la dosis más alta de Bokashi y NPK. Solo en el primer ciclo de producción, Pengergetic aumentó la BC en el tratamiento con dosis más bajas de bokashi. El tratamiento Bokashi de 10 g/planta mejoró

significativamente las variables hortícolas de la lechuga frente al tratamiento de control y fue similar a la fertilización química en dos de los tres ciclos de cultivo.

Vecilla (2022), la investigación se llevó a cabo en Samborondón, un cantón en la provincia del Guayas. El objetivo del experimento fue identificar una solución nutritiva efectiva para mejorar el rendimiento del cultivo hidropónico de la variedad Batavia de lechuga (*Lactuca sativa* L) bajo un sistema de raíz flotante, así como para determinar las curvas de crecimiento de la lechuga con cada una de las tres soluciones nutritivas. El experimento se llevó a cabo en un invernadero y se probaron dos soluciones, una orgánica y otra con fertilizantes de síntesis químicos. En las cuatro variables evaluadas (longitud de hojas, número de hojas, diámetro de tallo y ligeramente longitud de raíz), la solución nutritiva de síntesis superó a la solución orgánica en las quinta y sexta evaluaciones.

Rosales (2023), en su trabajo investigó cómo una solución hidropónica de biol de aguas mieles afecta la productividad de *L. sativa* (Lechuga). Realizó una caracterización fisicoquímica y microbiológica del biol; se desarrollaron tres soluciones hidropónicas con biol al 1% (T2), 5% (T3) y 2,5% (T4). La solución concentrada B de UNTRM se utilizó como fuente de micronutrientes. Se realizó una comparación entre esta formulación y la formulación comercial (T1) de UNTRM. Usando cuatro tratamientos con cinco repeticiones en un ciclo de cultivo de 45 días, se evaluaron las características de la planta en la solución nutritiva: número de hojas, longitud de raíz, diámetro del área foliar, pH y conductividad eléctrica. Según los mejores resultados de productividad, el T4 obtuvo 18 hojas, con una longitud de raíz de 25,05 cm y un diámetro foliar promedio de 29,05 cm.

2.1.2. Antecedentes Nacionales.

Incio (2019), en su estudio analizó cómo cuatro dosis diferentes de biol (50 ml, 100 ml, 150 ml y 200 ml) afectaron el rendimiento de la variedad de lechuga White Boston (*Lactuca sativa* L). El diseño experimental de bloques al azar se utilizó para llevar a cabo el estudio. Cuatro repeticiones, cuatro tratamientos y un testigo fueron utilizados. Como resultado, el rendimiento del cultivo no tiene significación estadística, pero sí diferenciación numérica, siendo el tratamiento 3 (150 ml), que permitió cosechar 2.302 t/ha.

Maita (2018), en un estudio de tesis investigó los niveles de nitratos en la lechuga (*Lactuca sativa* var. *Waldman*) cultivada en un sistema hidropónico de raíz flotante en Arequipa. Se emplearon tres soluciones nutritivas diferentes: Solución Nutritiva de la FAO, Solución Nutritiva de la Molina y Solución Nutritiva de la FAO modificada. Como resultado, los niveles de nitrato de la solución nutritiva de la FAO modificada son más bajos (448.7 mg/kg) que los de la solución nutritiva La Molina y la solución nutritiva de la FAO, que tienen 572.7 mg/kg y 784.1 mg/kg, respectivamente. Ninguna de estas soluciones es peligrosa para el consumo humano porque ninguna supera los límites máximos (3500 a 4500 mg/kg). La solución nutritiva de la FAO modificada presentó un desarrollo del área foliar de 17.55 cm²/g por planta, con un peso fresco en cosecha de 119.20 g y un rendimiento de 11.89 g/planta, superando a la solución nutritiva de La Molina, que presentó un desarrollo del área foliar de 16.63 cm²/g por planta, un peso fresco de cosecha de 56.33 g y un rendimiento de 5.62 g/planta, y a la solución nutritiva de la FAO con un área foliar desarrollada de 15.53 cm² por g, un peso fresco de cosecha de 42.07 g y un rendimiento de 4.58 g/planta.

2.1.3. Antecedentes Locales.

Maldonado (2023), el estudio actual se llevó a cabo en la Universidad Nacional de Ucayali para evaluar el impacto de una dosis de humus líquido de lombriz en el crecimiento y el rendimiento de cuatro variedades de lechuga cultivadas con una solución nutritiva de Hoagland y Arnon. En un diseño aleatorio con tres repeticiones, las variedades Seda, White Boston, Crespa y Morada fueron probadas. Las variables utilizadas fueron la altura, el diámetro de la cabeza, la longitud de las hojas, la longitud de las raíces, el número de hojas por planta y el peso de la cabeza recién cortada. Los resultados indicaron que las variedades Crespa, Seda y White Boston tuvieron la altura promedio de la cabeza más alta, con 27.2, 27.1 y 27.0 cm, respectivamente. Las variedades White Boston, Crespa y Seda tuvieron las hojas más largas, con 19.6 cm, 19.5 cm y 19.1 cm, respectivamente. Las variedades más notables fueron Crespa, Seda y White Boston, con un diámetro de cabeza de lechuga de 23.9, 23.3 y 23.3 cm, respectivamente. Las variedades Seda, Crespa y White Boston tuvieron 40.3, 40.3 y 39.8 hojas por planta, respectivamente. También tuvieron un peso fresco de cabeza superior de 97.2, 96.6 y 99.0 g, respectivamente.

Huaroto (2023), su estudio se llevó a cabo en el invernadero de la Universidad Nacional de Ucayali para determinar cómo cuatro dosis de humus líquido de lombriz afectaron el crecimiento y el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L) en un sistema hidropónico. La altura de la planta, el diámetro de la cabeza, la longitud de la raíz, el peso fresco y seco de la biomasa total fueron afectados por los tratamientos de 0, 6, 8, 10 y 12 litros de humus líquido de lombriz aplicados en tres fracciones. Los hallazgos demostraron que la variedad de lechuga White Boston alcanzó una altura de 24.6 cm, un diámetro de cabeza de 44 cm y una longitud de raíz de 9.4 cm, con un peso total de biomasa de lechuga fresca y seca de 337.7 g después de agregar 12 l de humus líquido de lombriz a la solución nutritiva.

2.2. Bases teóricas.

2.2.1. Cultivo de lechuga.

Descripción morfológica de *Lactuca sativa* L.

Cronquist (1993), afirma que las principales características morfológicas de la lechuga son:

Raíz: Es pivotante, corta y con ramificaciones, no sobre pasa los 30 cm de profundidad del suelo.

Hoja: Colocadas en forma de rosetas, desplegadas al principio, en algunos casos siguen así durante todo su desarrollo (variedades romanas) y en otros se acogollan más tarde. Los bordes de los limbos pueden ser lisos, ondulados y aserrados.

Tallo: El tallo cilíndrico ramificado se forma una vez pasada la madurez comercial, puede llegar a medir 1 a 1,20 m de altura en algunas variedades.

Inflorescencia: Son capítulos florales amarillos dispuestos en racimos o corimbos y son autógamias.

Semillas: Pequeños de color marrón oscuro casi negro, marrón más claro, gris amarillento o blanco grisáceo, midiendo unos 2 mm de longitud.

Tabla 1.*Clasificación taxonómica del cultivo de lechuga.*

Reino	Plantae
División	Tracheophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Asterales
Familia	Asteraceae
Género	<i>Lactuca</i>
Especie	<i>sativa</i> L.

Fuente: Shi M, Gu J., *et al.* (2022).**Tabla 2.***Composición nutritiva de la lechuga por 100 g. parte comestible.*

Compuestos	Contenido
Agua	94 g
Proteínas	1,6 g
Grasas	0,2 g
Hidratos de carbono	2,1 g
Vitamina V1 (tiamina)	0,1 mg
Vitamina V2 (riboflavina)	0,1 mg
Vitamina V5 (ácido pantoténico)	0,5 mg
Vitamina A (retinol)	2600 UI
Vitamina C (ácido ascórbico)	0,024 g
Cenizas	0,59 g

Fuente: Shi M, Gu J., *et al.* (2022).

El consumo de lechuga es beneficioso para la salud humana, relacionado con los compuestos bioactivos en los vegetales. Algunos estudios epidemiológicos informaron que el consumo de vegetales da menor riesgo de enfermedades crónicas, como el cáncer y las enfermedades cardiovasculares. Además, es una importante fuente natural de fitoquímicos. Estas moléculas, que incluyen flavonoides glicosilados, ácidos fenólicos, carotenoides, grupos de vitamina B, ácido ascórbico, tocoferoles y lactonas sesquiterpénicas, son componentes nutricionales bioactivos vitales (Shi M, Gu J., *et al.* 2022).

Lechuga (*Lactuca sativa* L), es la hoja verde más comúnmente cultivada en sistemas acuapónicos comerciales (Lennard y Leonard, 2004; Pantanella *et al.*, 2012).

La lechuga es popular entre los cultivadores de acuaponía ya que es una planta anual (tiempo de producción rápido desde la semilla hasta la hoja o la cosecha de cabezas), tiene una larga historia de cultivo (<4500 a. C.) con numerosos tipos de mercado (formas morfológicas) y cultivares disponibles, además de tener un sistema de raíces fibrosas y poco profundas adaptable a sistemas de producción en cultivos hidropónicos y acuapónicos (Welbaum, 2015).

2.2.2. Plagas y Enfermedades.

Plagas.

Pulgonés: *Narsonovia ribisnigri*, *Myzus persicae*, *Macrosiphum solani*.

Plaga sistemática, el ataque suele ocurrir cuando el cultivo está próximo a la recolección. Los daños directos sobre la planta son contaminación e infección, transmitiendo diversos virus y atacando la planta desde dentro hacia fuera. En hojas apicales, media y basales de la planta con daño de encarrujado de las hojas y presencia del insecto (Anaya, 2005).

Trips: *Frankliniella occidentalis*.

Plaga que causa mayor daño al cultivo de la lechuga, transmisora del virus del bronceado del tomate (TSWV) que provoca grandes necrosis foliares, y rápidamente éstas acaban muriendo. La importancia de los daños directos (ocasionados por las picaduras y las hendiduras de puestas) depende del nivel poblacional del insecto aumentando desde mediada la primavera hasta bien entrado el otoño (Carguachi, 2022).

Mosca minadora de la lechuga: *Liriomyza huidobrensis*, *Liriomyza trifolii*.

Daño causado principalmente por las larvas que horadan en la parte superior e inferior de las hojas, formando galerías que reducen la capacidad fotosintética de las plantas, ocasionando que las hojas atacadas mueran prematuramente. En ataques severos las plantas se marchitan y pueden perder la mayor parte del follaje (Godoy *et al.*, 2018)

Mosca blanca: *Trialeurodes vaporariorum*

Daño por succión de savia por las ninfas debilitando a las plantas, en caso de ataques severos, cubriendo con una abundante mielecilla los frutos y hojas, favoreciendo el desarrollo de fumagina en toda la planta (Godoy *et al.*, 2018).

Enfermedades.

Antracnosis: *Marssonina panattoniana*.

Los daños se inician con lesiones de tamaño de punta de alfiler, éstas aumentan de tamaño hasta formar manchas angulosas-circulares de rojo oscuro, llegan hasta 4 cm de diámetro (Anaya, 2005).

Botritis: *Botrytis cinérea*.

Los síntomas comienzan en las hojas más viejas con manchas de aspecto húmedo que se tornan amarillas, seguidamente se cubren de moho gris que genera enorme cantidad de esporas. Si

la humedad relativa aumenta, las plantas quedan cubiertas por un micelio blanco; pero si el ambiente está seco se produce una putrefacción de color pardo o negro. Se puede controlar a partir de medidas preventivas basadas en la disminución de la profundidad y densidad de plantación, además de reducir los excesos de humedad (Anaya, 2005).

Mildiu: *Bremia lactucae*.

Presenta manchas cloróticas limitadas por nervaduras principales en la superficie de las hojas que luego avanzan a café y secan el follaje, en correspondencia con las manchas (24 a 48 horas) se desarrolla en la cara inferior de las hojas el signo del patógeno corresponde a un micelio de color blanco grisáceo con abundante esporulación (Carguachi, 2022).

2.2.3. Variedad White Boston.

Esta variedad de lechuga, White Boston, es media precoz en su desarrollo; es de hojas anchas, cortas y abullonadas, de color verde claro, de consistencia tierna y de sabor dulce. Esta variedad es lenta a subir a floración.

Tabla 3.*Datos del cultivo de lechuga White Boston.*

Cultivo de la variedad White Boston	Requerimientos
Época de siembra	Otoño, invierno y primavera
Temperatura germinación mínima	5°C
Temperatura germinación óptima	15°C
Temperatura germinación máxima	Directa o almácigo
Sistema de siembra	15cm x 25cm
Marco de plantación	Fértil, suelto, bien drenado
Suelo	Invierno, primavera y verano
Época de cosecha	Sembrar superficialmente en tierra fina. Fertilizar en forma adecuada, para obtener un rápido crecimiento. Mantener el suelo húmedo, evitando excesos.
Cultivo	800 Sem/g
Semillas por g	4800 Sem
Semillas Aprox. Sobre	4800 Sem
Peso neto sobre	6 (g)

Fuente: Espinoza L (2018).

2.3. Definiciones conceptuales.

2.3.1. *Nutrición vegetal*

Es la ciencia que estudia la función que tienen los elementos químicos en el metabolismo de las plantas, la absorción de elementos químicos y la distribución de elementos dentro de la planta (Díaz, 2002. Citado por García, 2019).

Funciones de los elementos en la fisiología de las plantas (Alcantar y Trejo, 2007. Citado por García, 2019).

Carbono: Principal constituyente de la materia viva y consecuentemente de todas las biomoléculas de carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.

Oxígeno: Disponible en todas las biomoléculas. Aproximadamente el 90 % del oxígeno consumido en la célula es utilizado en la respiración (fosforilación oxidativa).

Hidrógeno: Presente en todas las biomoléculas. Importante en el equilibrio iónico y del pH. Participa en reacciones redox y en el intercambio de energía en la célula.

Nitrógeno: Componente importante de todas las proteínas y ácidos nucleicos. Está presente en coenzimas, nucleótidos, amidas, ureidos y en la clorofila entre otros.

Fósforo: Forma parte de los ácidos nucleicos y participa en la síntesis de proteínas. Como constituyente del ATP y muchas coenzimas (NAD, FAD) interviene en todos los procesos metabólicos de transferencia de energía.

Potasio: Es activador o cofactor de más de 50 enzimas del metabolismo de carbohidratos y proteínas. Participa en el equilibrio iónico y en la regulación osmótica.

Calcio: Es importante en la división celular y en la estabilidad de membrana y pared celular. Asociado con proteínas (calmodulinas) cumple funciones de mensajero secundario.

Magnesio: Participa como cofactor o activador en muchas reacciones enzimáticas. Se asocia al ATP en la transferencia de energía y es componente de la clorofila.

Azufre: Presente en muchas proteínas y como el fósforo participa en reacciones de intercambio de energía.

Hierro: Componente de muchas enzimas y juega un papel importante en la transferencia de electrones (reacciones redox), como en los citocromos, en las cadenas de transporte electrónico.

Manganeso: Constituyente de algunas enzimas y activador de descarboxilasas y deshidrogenasas de la respiración.

Zinc: Cataliza la liberación de oxígeno en la fotólisis del agua. Componente esencial y activador de numerosas enzimas. Es necesario para la biosíntesis de la clorofila y ácido indolacético.

Cobre: Componente y activador de muchas enzimas y constituyente de la plastocianina.

Boro: Participa en el metabolismo y transporte de carbohidratos y en la síntesis de la pared celular.

Molibdeno: Importante en la asimilación de nitrógeno, como constituyente del nitrato reductasa y de la nitrogenasa.

Cloro: Se requiere en fotosíntesis y en la fotólisis del agua. Participa en la división celular.

Níquel: Constituyente de la enzima ureasa.

2.3.2. Hidroponía

Se deriva del griego hydro (agua) y ponos (labor de trabajo), lo cual significa trabajo en agua. Siendo un sistema de producción en el cual las raíces de las plantas no están establecidas en el suelo, sino en un sustrato o en solución nutritiva en la que se encuentran disueltos los elementos necesarios para el crecimiento de la planta (INTAGRI, 2017).

En la agricultura hidropónica no se deforesta para obtener espacios de cultivo, por lo tanto, se preservan los ecosistemas, no se arruinan o contaminan los suelos con el sobre cultivo, arado, pesticidas, etc. Además, al no exponer los suelos a fertilizantes se cuidan los mantos acuíferos (Thais, 2022).

Los cultivos hidropónicos tienen más ventajas, en comparación con las siembras tradicionales, porque no dependen de las condiciones ambientales y pueden tener mayor calidad nutricional, aseguró la especialista del Jardín Botánico de la UNAM (Araceli, 2010).

La hidroponía es un sistema altamente atractivo para el productor que tiene dificultades para cultivar en suelo alcanzando altos rendimientos, sin embargo, requiere de capacitación especializada del personal de campo y técnico encargado. Por otra parte, se pueden establecer distintos cultivos para diferentes necesidades (farmacéuticas, gastronómicas y medicinales). A nivel mundial se estima que los cultivos hidropónicos generan ingresos por 821 millones de dólares con un crecimiento anual de 4.5 % de 2011 a 2016, En Norteamérica, el tomate representa el 56 % de la superficie hidropónica, mientras que en Sudamérica es la lechuga con el 49 % de la superficie de cultivos hidropónicos (INTAGRI, 2017).

2.3.2.1. Tipos de sistemas hidropónicos:

Según AEMA (2020), dentro de las técnicas hidropónicas, existen varios métodos de sistemas de sustitución del suelo. Las principales técnicas de cultivo hidropónico son:

Técnicas aéreas.

Conocida como Aeroponía, que mantiene las raíces de las plantas libres de cualquier otro medio, quedando en contacto con el aire y dentro de un medio oscuro. Se aplica solución nutritiva mediante nebulizadores (AEMA, 2020).

Técnicas recirculantes.

Las raíces son sumergidas de forma constante en solución nutritiva la cual mantiene su PH y concentración de sales de forma correcta (AEMA, 2020).

Técnicas de sustratos.

Método más recomendado a quienes se inician en la hidroponía debido a la facilidad que estas tienen. Se usa un sustrato con nutrientes que se utiliza como medio de sustento para la planta permitiendo la suficiente humedad y la expansión de la raíz (AEMA, 2020).

Técnicas de raíz flotante.

Consiste en utilizar contenedores que no permite la entrada de luz a las raíces del cultivo. El oxígeno que necesitan las plantas llega a través del agua, por ello mueve el agua utilizando bombas de aire (AEMA, 2020).

Técnica de mecha o pabilo.

No requiere bombas para el transporte de la solución nutritiva. Las plantas reciben la solución mediante mechas o pabilos. Es muy versátil y puede usar diferentes tipos de sustratos, es recomendable para plantas que requieran poca agua (AEMA, 2020).

2.3.3. pH.

Es importante alcanzar cierto equilibrio en el medio de cultivo, para alcanzar un desarrollo óptimo de cada especie. Se observó que un pH bajo, compatible con un medio ácido, la absorción de nutrientes por parte de las raíces puede ser excesiva, mientras que un pH elevado, compatible con un medio alcalino, puede generar precipitación por parte de los nutrientes, lo que conlleva un déficit nutritivo de la planta (White, 2012).

La acidez de la solución nutritiva afecta la disponibilidad de ciertos nutrientes ya que se observó que con un pH por encima de 7.0 o debajo de 5.0, el crecimiento de la planta se vería afectado significativamente (White, 2012). Además, tener en cuenta la reacción química de ciertos macroelementos, como ocurre en el caso del fósforo, un pH superior a 7.0 comienza a reaccionar

gradualmente hacia la generación de formas insolubles, lo cual termina por impedir su absorción por parte de las raíces (Siebielec *et al.*, 2014).

2.3.4. Importancia de la conductividad eléctrica en la solución nutritiva.

Es un índice de concentración de solutos y un indicador de la concentración de electrolitos dentro de la solución nutritiva, está estrechamente relacionada con la disponibilidad de iones que tienen las raíces en la solución nutritiva (Ding *et al.*, 2018). Un aumento en sus niveles implicaría un exceso en la salinidad de la solución nutritiva, y dependiendo de la especie a cultivar, podría generar sequedad y muerte de esta, ya que impediría la correcta absorción del agua. A escala comercial, el índice de conductividad eléctrica manejada para el cultivo de lechuga está comprendida entre 1500 y 2000 Siemens/cm (Arano, 2004. citado por García, 2007).

2.3.5. Nitrato.

Compuestos iónicos que se encuentran en la naturaleza, formando parte del ciclo del nitrógeno. El nitrato está muy distribuido entre los alimentos, siendo las principales fuentes los productos vegetales y el agua de bebida. En los productos vegetales, algunas especies tienen gran capacidad de acumulación de nitrato, como las hortalizas de hoja verde. (DSGV, 1997. Citado por Maita, 2018).

El contenido final de NO_3^- es un indicador de la calidad de los productos alimenticios y deberá ser menor a $4,500\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de peso fresco en las hortalizas de hoja (EC, 2006, citado por Juárez Rosete, C. R., *et al.* 2022). Por estas razones, la Organización Mundial de la Salud en colaboración con la Organización para la Alimentación y la Agricultura recomienda una ingesta diaria admisible sin riesgo aparente para la salud humana de $3,65\text{mg}$ de NO_3^- .

Tabla 4.

Contenidos máximos de nitrato en lechuga regulados por la comisión Europea (CE) N° 563/2002 (1).

Tipo de cultivo	Periodo de cosecha	Mg NO ₃ ·kg ⁻¹
Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L)	-Cosecha entre 1 octubre y 31 de marzo	
	. Lechugas cultivadas en invernadero.	4500
	. Lechugas cultivadas al aire libre.	400
	-Cosechas entre 1 abril y 30 de setiembre.	
Lechuga tipo “Iceberg”	. Lechugas cultivadas en invernadero.	3500
	Lechugas al aire libre.	2500
	. Lechuga cultivadas en invernadero.	2500
	. Lechugas cultivadas al aire libre.	2000

Fuente: Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 2002. Citado por Carrasco Gilda., *et al.* 2006).

2.3.6. La Solución de Hoagland.

Es una solución nutritiva hidropónica publicado por Hoagland y Arnon en 1938 y revisado por Arnon en 1950. Fue de las primeras desarrolladas para el cultivo de plantas sin suelo / sustrato. La solución de Hoagland proporciona todos los nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas y es apropiado para una amplia gama de especies de plantas. La solución descrita por Hoagland y Arnon en 1950 ha sido modificado varias veces, principalmente para añadir quelatos de hierro para mejorar la estabilidad (Don, 2022).

Tabla 5.*Base de la solución de Hoagland.*

N 210	ppm
K 235	ppm
Ca 200	ppm
P 31	ppm
S 64	ppm
Mg 48	ppm
B 0.5	ppm
Fe 1 to 5	ppm
Mn 0.5	ppm
Zn 0.05	ppm
Cu 0.02	ppm
Mo 0.01	ppm

Fuente: Don (2022).

2.3.7. Bokashi.

Biopreparado sólido hecho a base de desechos vegetales (por ej. cáscara y salvado de arroz y carbón molido), excretas animales (estiércol de vaca o de otros animales), melaza, levadura, tierra y agua, se puede agregar polvo de rocas, carbonato de calcio, ceniza de fogón, entre otros ingredientes locales. Utilizado para aportar gradualmente al suelo nutrientes solubles rápidamente disponibles para su absorción, a partir de moléculas complejas de liberación lenta, materia orgánica que mejora las características fisicoquímicas del sustrato, la comunidad microbiana que descompone la materia orgánica, la producción de fitohormonas bioestimulantes del crecimiento

vegetal y el control de la proliferación de microorganismos patógenos Este tipo de abono orgánico es de bajo costo ya que existe la posibilidad de utilizar recursos locales, y sustituir ingredientes como por ejemplo la cascarilla de arroz por aserrín u otros materiales secos. (Shintani, 2000).

El pH para la elaboración del abono es 6 a 7.5. Los valores extremos perjudican la actividad microbiológica en la descomposición de los materiales (Alvear, 2004).

2.3.7.1. Uso del bokashi.

En los semilleros: puede mezclar tierra cernida con carbón vegetal pulverizado y el abono bokashi, en proporción de 60 a 90% de tierra y 40 a 10% de bokashi, dependiendo de la plántula (Alvear C, 2004).

Abonado directo: aplique el bokashi en la base del hoyo; luego, cúbralo con un poco de tierra para evitar que la raíz se quemé con el abono y ubique la planta en el sitio (Alvear, 2004).

Abonado a los lados de las plantas: una vez el cultivo esté establecido, este sistema sirve para hacerle una segunda y tercera abonada de mantenimiento a los cultivos (Alvear, 2004).

Abonado directo a los surcos: en el lugar donde va a establecer cultivo que quiere sembrar, recubriendo el bokashi con algo de tierra (Alvear, 2004).

Independientemente de la forma como lo utilice:

El bokashi siempre debe cubrirse con tierra para que no se pierda y así obtener mejores resultados. Algunas dosis recomendadas:

- Hortalizas de hojas > de 10 a 30 g, en la base.
- Hortalizas de tubérculo o que forman cabeza > hasta 80 g.
- Tomate y pimentón > de 100 a 120 g.
- Pastos de corte > de 1 a 5 kg. Por m²

Tabla 6.*Especificaciones referenciales de la calidad del bokashi sólido.*

Parámetro	Rango permisible
Humedad (%)	33.56
Magnesio (%)	0.62
Carbono orgánico (%)	21.33
Materia orgánica (%)	12.4
Nitrógeno total (%)	1.23
Fósforo (%)	2.98
Potasio (%)	1.05
Sodio (%)	0.062
Azufre (%)	0.13
Calcio (%)	9.45
Relación C:N	10,1
pH	6.5-8

Fuente: Ortega (2012).

Tabla 7.

Composición química del bokashi líquido.

Nitrógeno	37 ppm	0.0037%
Fósforo	31 ppm	0.0031%
Potasio	36 Meq/l	0.0006194%
Calcio	50 Meq/l	0.002%
Magnesio	52 Meq/l	0.0012155%
Zinc	855 ppm	0.0855%
Boro	99 ppm	0.0099%
Cobre	1085 ppm	0.1085%
Hierro	13 ppm	0.0013%
Manganeso	5ppm	0.0005%
pH	4,7	
Materia Orgánica	38%	

Fuente: Ortega (2012).

2.3.7. Indicadores de calidad en los vegetales.

Es claro que todas las personas tienen diferentes criterios para juzgar así algún producto es de buena calidad o no, esta aceptabilidad es una comparación de la calificación de los parámetros de calidad de un producto con el límite de calidad que tiene cada persona, por debajo de este límite el producto es rechazado. Se puede decir que el tiempo de vida útil de los vegetales es cuando los parámetros de calidad como textura, color y sabor varían con el tiempo hasta llegar por debajo del límite de calidad (Rico et al., 2007. Citado por Morales, 2011)

Para definir la calidad de los alimentos teniendo en cuenta la percepción visual, es importante el color, tamaño, forma y textura (Zheng *et al.*, 2006. Citado por Morales, 2011).

2.3.8. Calidad de lechuga.

La calidad de un producto depende del cuidado, el ambiente y el manejo de cada cultivo, los clientes hacen evaluaciones tanto objetivas como subjetivas, el cual juzgan principalmente la calidad del producto por su apariencia. Sin embargo, las compras posteriores dependerán de la satisfacción del consumidor con la textura, el sabor y el aroma del producto después de haberlo consumido. Las hojas de lechuga se clasifican en tres categorías de calidad: buena (hojas verdes claro que se ven succulentas a la vista del consumidor y no están dañadas por insectos plaga), mediana (hojas verdes pálida con poca presentación visual) y mala (hojas amarillentas con daños irregulares) (Agüero, 2011).

Según Pazmiño (2007), los parámetros rendimiento y calidad del cultivo de lechuga incluyen el número de hojas por planta, el peso de la planta (g), la altura de la planta (cm) y tamaño de las hojas (mm o cm). Los parámetros cualitativos de la calidad más importantes son la coloración de las hojas, el tamaño de las hojas, la textura de la hoja y el estado de la planta (débil, enfermizo, saludable y vigoroso). El color se muestra por escalas de color: verde amarillento, verde gris, verde oscuro y verde claro (Chiesa, 2010 citado por Mariscal, 2023).

Por otro lado, Quintero *et al.* (2000) dicen que las características físicas más favorables de la lechuga son la frescura, las hojas brillosas y sin daños físicos o causados por plagas, las hojas verdes con manchas cloróticas y sin quemaduras en los bordes y las nervaduras sin rajaduras. Para la comercialización y distribución de la lechuga, los parámetros de calidad deben ser intactos y saludables, excluyendo la podredumbre u otras alteraciones que impidan su consumo. Deben presentarse limpias, es decir, prácticamente libres de tierra o cualquier otro sustrato, así como de materias extrañas visibles. Sus hojas deben estar turgentes, no espigadas y sin mostrar ningún signo de humedad anormal en el exterior. Absolutamente sin olores y sabores extraños (Cedeño, 2022).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA.

3.1. Método de investigación.

El método que se utilizó fue análisis de datos, descriptivo, estadístico, cuantitativo.

3.2. Tipo y nivel de investigación.

La investigación aplicada, usando las herramientas de la agronomía, siendo esta determinante en el efecto de diferentes dosis de bokashi líquido en el rendimiento productivo del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo un sistema de raíz flotante en Pucallpa.

Siendo así una investigación cuantitativo experimental.

3.3. Población y muestra.

Se empleó una población total de 360 plantas de lechugas distribuidas en 18 unidades experimentales, cada unidad experimental contó con 20 plantas de lechuga de las cuales se descontaron las plantas de los bordes, siendo tomadas como muestra 3 plantas por tratamiento, obteniendo 54 muestras que fueron evaluadas dentro del área experimental, así contrastando con la metodología de Maldonado (2023) la cual empleó 4 tratamientos y 3 muestras, siendo estas muestras sus repeticiones/ tratamiento.

3.4. Componentes en estudio.

El cultivo utilizado para esta investigación fue la lechuga (*Lactuca sativa* L.) y en tanto al biol orgánico este fue el bokashi líquido distribuido en diferentes dosis en cada tratamiento.

3.5. Tratamientos en estudio.

Se contó con 6 tratamientos:

Testigo 0: solo con solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%.

Tratamiento 1: bokashi al 0.1% + solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%.

Tratamiento 2: bokashi al 0.5% + solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%

Tratamiento 3: bokashi al 1.0% + más solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%.

Tratamiento 4: bokashi al 1.5% + más solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%.

Tratamiento 5: bokashi al 2.0% + más solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%.

3.6. Diseño experimental.

Se utilizó el diseño completamente al azar (DCA) con seis (6) tratamientos y (3) repeticiones haciendo un total de 18 unidades experimentales, cada unidad experimental conto con 20 plantas de lechuga por m². Los promedios de las variables de respuestas fueron obtenidos mediante la prueba de Tukey a un nivel de $\alpha=0.05$.

Modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

En donde:

Y_{ij} : Variable respuesta de la ij-esima unidad experimental.

μ : Efecto de la media general.

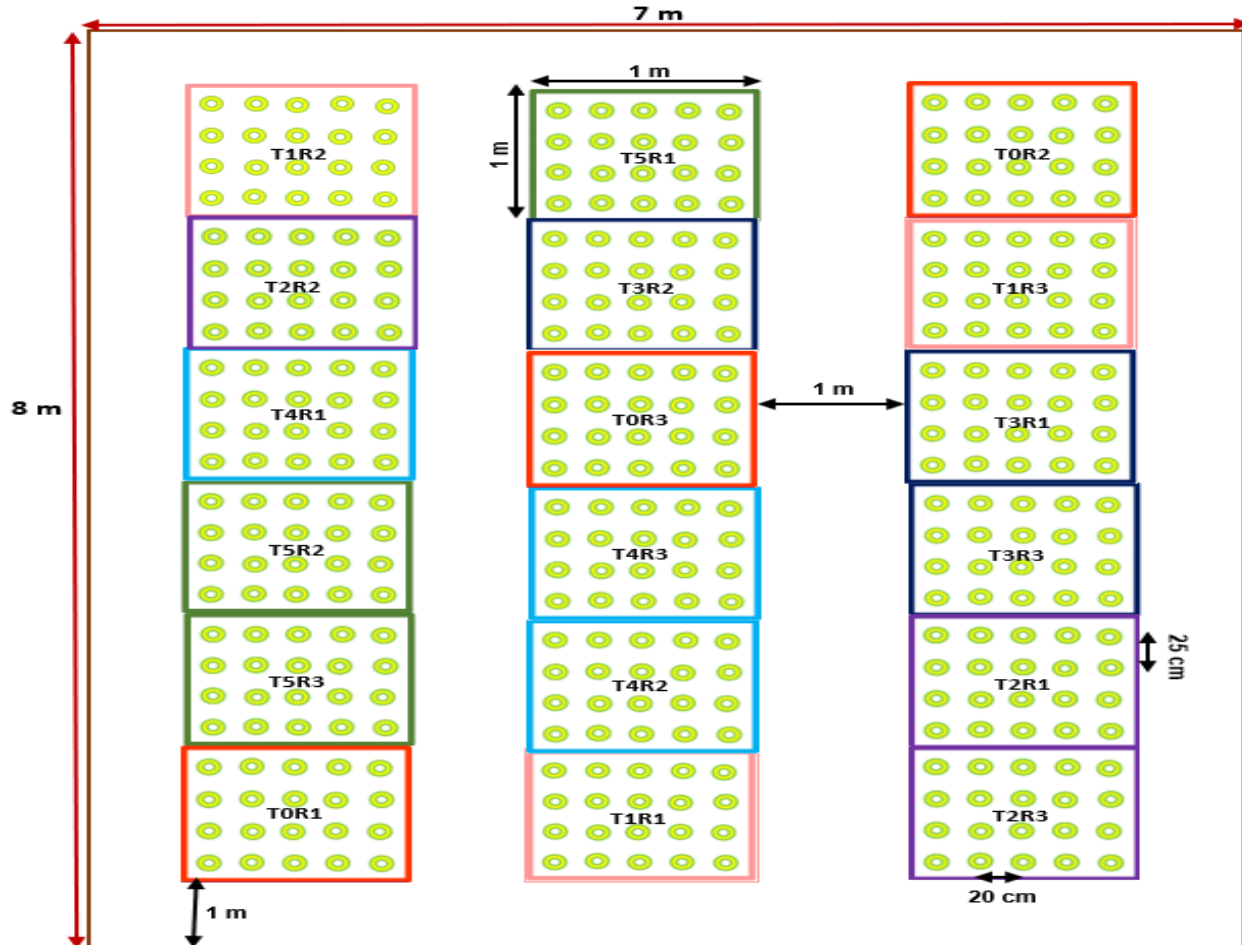
T_i : Efecto del i-esimo tratamiento.

E_{ij} : Efecto del error experimental asociado a la i-esima unidad experimental.

3.6.1. Croquis del diseño experimental.

Figura 1.

Croquis del diseño experimental.



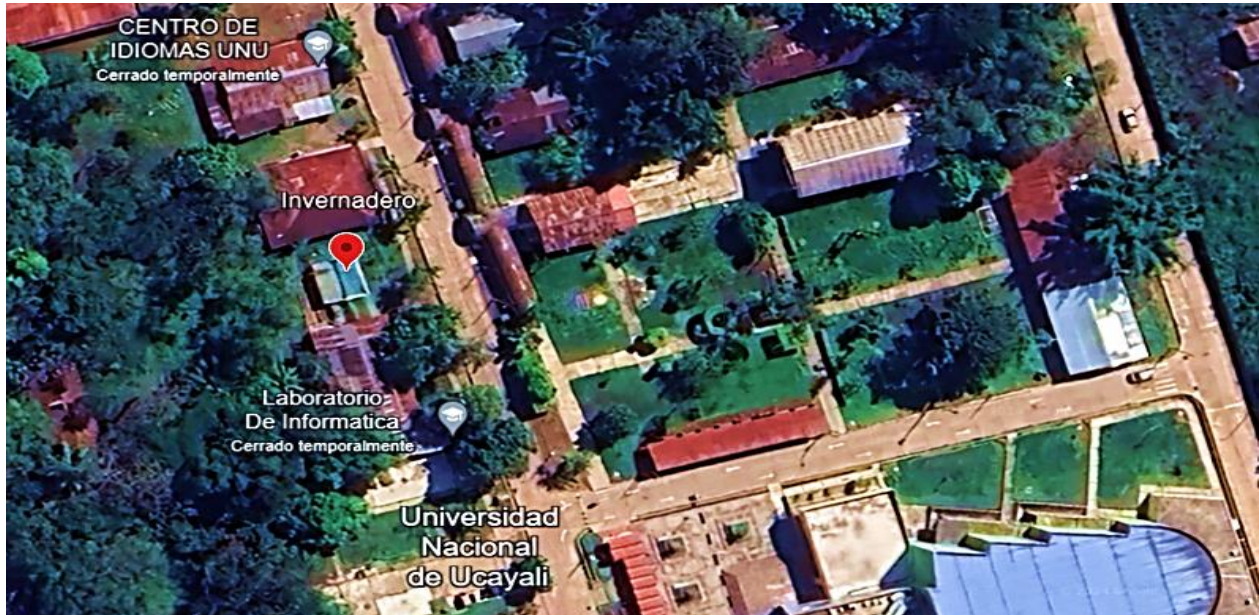
3.7. Ejecución del experimento.

3.7.1. Ubicación y duración del estudio.

El trabajo de investigación se realizó en el invernadero de la Universidad Nacional de Ucayali (longitud 74° 18' 50.4", latitud 08° 36' 22") ubicado en el Km. 6:200 de la Carretera Federico Basadre, Distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Región Ucayali. Tuvo una duración aproximada de 43 días (2 meses), desde el 01 de mayo del 2023 con las labores previas al repique de las plantas de lechuga hasta la cosecha que fue 18 de Junio del 2023.

Figura 2.

Ubicación del Invernadero.



3.7.2. Condiciones ambientales.

Durante la ejecución del proyecto de investigación que fue en los meses de mayo y junio, SENAMHI Pucallpa (2023) tuvo un promedio de lluvia de 79.4 mm, con una temperatura máxima de 31.5 °C y una mínima de 19.9 °C, precisando que la ejecución se llevó a cabo en el invernadero de la Universidad Nacional de Ucayali donde se contó con una temperatura promedio de 27.2°C, teniendo en cuenta que el invernadero contaba con un aire acondicionado graduado a 18°C.

3.7.3. Proceso experimental.

3.7.3.1. Limpieza e implementación del invernadero de hidroponía.

Se eliminaron las malezas y residuos encontrados dentro del invernadero hidropónico, se ajustaron las dimensiones del área del invernadero para que esta contenga las 18 unidades experimentales, las cuales estuvieron constituidas por cajas de 1m² y 12 cm de alto, estas fueron forradas con plástico negro de 120 cm², siendo sujetadas con chinchas.

Sobre estas estuvieron las planchas de tecnopor de 99.5 cm² con una perforación de 20 cm entre plantas y 25 cm entre hilera, así obteniendo 20 hoyos por plancha de tecnopor.

Adicionalmente, se instaló un equipo de aire acondicionado para mantener al invernadero con una temperatura controlada e idónea para el cultivo de lechuga siendo está graduada a 18°C.

3.7.3.2. Preparación de camas germinadoras.

Para realizar esta actividad, se compraron semillas certificadas con poder germinativo de 90% en una agroveterinaria, estas fueron sometidas a una prueba de germinación con anticipación para una mayor confiabilidad. Para sembrar las semillas se utilizó arena fina que fue desinfectada con hipoclorito de sodio al 3%, estas se colocaron en bandejas que sirvieron como camas germinadoras, pero antes de la siembra las semillas también fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio al 3% por 3 minutos, siendo sembradas al boleó. Aguirre (2019) menciona que luego de sembradas las semillas se presiona suavemente el sustrato para expulsar el exceso de aire que pueda haber quedado alrededor de la semilla y aumentar el contacto de esta con el sustrato.

3.7.3.3. Riego del almácigo.

Esta actividad se dio al momento de la siembra hasta el trasplante, el cual tuvo una duración de 15 días, siendo el riego diariamente de forma manual, haciendo uso de un atomizador a las 7 am y 4 pm hasta el momento del repique.

3.7.3.4. Preparación y aplicación de la solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 25%.

La solución nutritiva se preparó un día antes del repique, dejarlo reposar durante 24 horas para que los gases de las sales se disipen, se usó el 25% de la concentración con la solución A, B, C, D, I, J. (Hoagland y Arnon) por cada litro de agua, siendo en total 76 litros de agua por caja, ver tabla 19.

3.7.3.5. Repique de los plantines de lechuga.

A los 15 días de haber germinado los plantines de lechuga se realizó el repique ya que estas contaban con hojas verdaderas y podían tolerar el manipuleo durante el proceso de repique hacia las cajas.

3.7.3.6. Densidad de siembra.

Por cada unidad experimental se consideró un distanciamiento de 25 cm x 20 cm entre planta según Calle (2022), obteniendo así 20 plantas por m² por cada tratamiento en estudio.

3.7.3.7. Monitoreo y control fitosanitario en las plantas de lechuga.

Estas labores se empezaron a realizar a partir de la siembra, cada día se inspeccionaban de manera manual las plantas de lechuga para prevenir el ataque de plagas y enfermedades hasta el momento de la cosecha.

En el transcurso de los días del repique, se pudo observar la presencia de hormigas cortadoras de hojas (*Atta cephalotes* L.) de la cual se empleó un insecticida, con el ingrediente activo chlorpyrifos (insecticida de contacto e ingestión), este se esparció alrededor del invernadero para repeler a estas hormigas.

3.7.3.8. Control de malezas.

El desmalezado se realizó de manera interna en todo el perímetro del invernadero 2 veces por semana de forma manual hasta la cosecha, para prevenir la aparición de plagas y enfermedades.

3.7.3.9. Preparación y aplicación de la solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50% más la aplicación de las dosis de bokashi líquido.

A los 15 días después de haber añadido la primera dosis de la solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 25%, se cambió por una concentración de 50%, más las dosis establecidas de bokashi líquido por cada tratamiento en estudio (0.1%, 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0%).

3.7.3.10. Composición del bokashi líquido.

El bokashi líquido fue obtenido de Aguaytía, con un color marrón, nada viscoso, con olor a fermentado, las cuales se mandaron a realizar un análisis para conocer los componentes que esta tenía, los resultados son los siguientes: pH (4.4), CE (1.493,0 mS/m), N total (0.04%), P total (0.01%), Ca (0.04%), Mg (0.02%) y K (0.17%). Ver en figura 7A.

3.7.3.11. Cosecha.

La cosecha se realizó de forma manual, recolectando las lechugas de manera ordenada de acuerdo a cada tratamiento, siendo colocadas en bandejas rotuladas.

3.7.4. Variables evaluadas.

3.7.4.1. Número de hojas de lechuga.

Después de la cosecha se tomaron las 3 plantas netas en estudio de cada tratamiento para ser deshojadas una a una contabilizando el número de hojas que presentaban.

3.7.4.2. Peso fresco de la lechuga.

De las 3 muestras ya tomadas de cada tratamiento, con la ayuda de una balanza se pesaron conjuntamente las hojas, tallo y raíz de cada lechuga siendo registrado en el cuaderno de apuntes.

3.7.4.3. Peso seco de la lechuga.

Luego de haber obtenido el peso fresco de las plantas de lechugas, estas fueron colocadas y envueltas con periódicos rotulados para ser llevadas a la estufa a una temperatura de 106°C por 24 horas, ya que los rangos de tiempo estimados para secar una muestra se encuentran entre 24 a 72 horas, estos tiempos variaran dependiendo el material a secar por ejemplo para muestras de hortalizas de hojas será alrededor de 24 horas, para muestras de ensilajes llevará alrededor de 48 horas (Petruzzi *et al.*, 2005 citado por Artos, 2023), posterior a ello fueron retiradas y pesadas en la balanza anotando los datos en el cuaderno de apuntes.

Al realizar la determinación de materia seca, se obtiene el porcentaje de agua que contiene cada muestra, que es un factor clave que determina el porcentaje de otros componentes y su determinación permite que se compare los valores de los nutrientes ya sea para distintas plantas o distintos análisis de este (Greenfield & Southgate, 2006 citado por Artos, 2023).

3.7.4.4. Rendimiento.

Después de haber obtenido los datos de los pesos de las plantas de lechuga, se calculó el rendimiento con la siguiente formula:

$$\frac{(N^{\circ} \text{ plantas} * \text{ ha}) * \text{ Peso de planta}}{1000} / 1000$$

3.7.4.5. Calidad.

Con lo mencionado por Agüero (2011) después de la cosecha se observó el color de hoja de la lechuga, se palpo la textura de la hoja de lechuga y se realizó la medición del tamaño de las hojas de lechuga por cada tratamiento en estudio.

3.7.5. Datos registrados.

Tabla 8.

Datos registrados del experimento.

Calidad del agua.	Condiciones del ambiente interno y extremo del módulo.	Aspectos morfológicos	Rendimiento.
pH, CE y temperatura.	Luminosidad, temperatura.	Calidad, número de hojas, peso fresco(g) y peso seco (g).	t/ha.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS.

4.1. Número de hojas de lechuga.

En el ANVA para la variable número de hojas (tabla 15) se encontró que existen diferencias estadísticas altamente significativas ($p=0.0001$) entre los tratamientos. Al efectuar la prueba de promedios múltiple de Tukey ($\alpha=0.05$) (tabla 9) se observan que los tratamientos T1 y T0 son iguales estadísticamente con media de 17.73 y 17.20 respectivamente; a la vez el tratamiento T0 es igual al tratamiento T2, ver gráfico (figura 3). Mientras que los tratamientos T3, T4 y T5 son iguales entre sí, pero de menor número de hojas a los demás tratamientos, a diferencia de Calle (2022) que obtuvo 15.4 hojas/ planta, siendo este el mayor resultado en sus tratamientos.

Tabla 9.

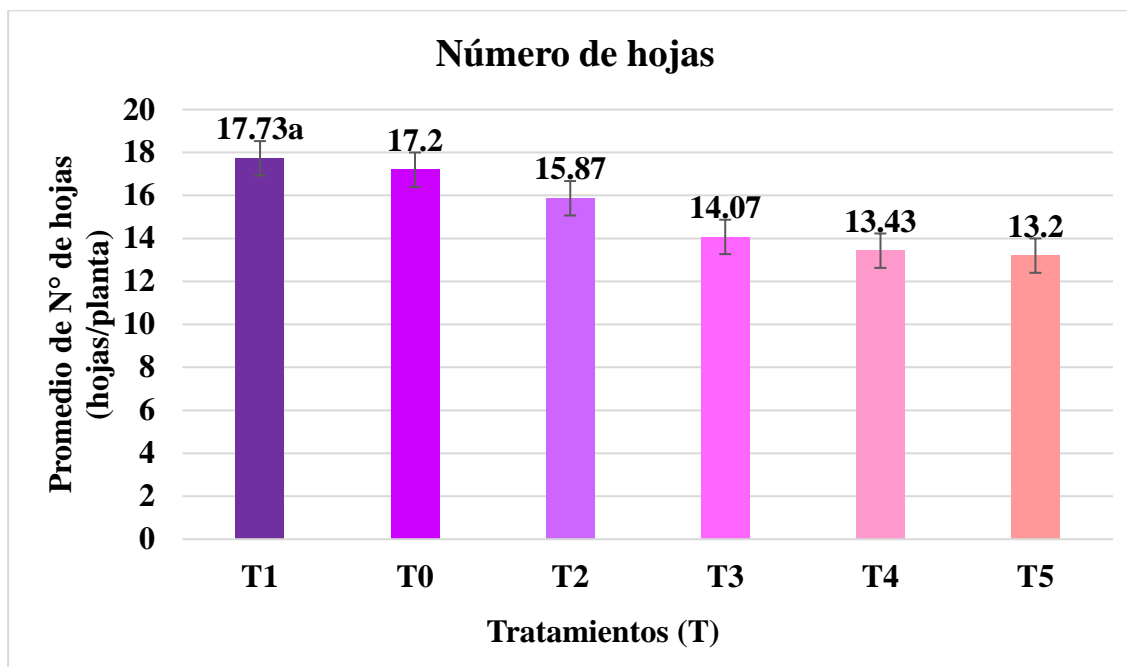
Prueba de promedios de Tukey ($\alpha=0.05$) para número de hojas de plantas de lechuga.

Tratamientos	Media	Sig.
T1	17.73	a
T0	17.20	ab
T2	15.87	b
T3	14.07	c
T4	13.43	c
T5	13.20	c

*: Letras iguales no muestran diferencias estadísticas.

Figura 3.

Variación del número de hojas de lechugas (Lactuca sativa L.)



Nota: Variación del número de hojas de lechugas (Lactuca sativa L.) en sistema de raíz flotante con solución nutritiva de Hoagland y Arnon (SNH y A) al 50% más diferentes dosis de bokashi líquido (BL). T0 = Solución nutritiva Hoagland y Arnon al 50%; T1= SNH y A + BL al 0.1%; T2= SNH y A + BL al 0.5%; T3= SNH y A + BL al 1.0%; T4= SNH y A + BL al 1.5%; T5= SNH y A + BL al 2.0%.

De acuerdo con la figura 3, el tratamiento T1 y el tratamiento T0, obtuvieron 17.73 y 17.20 hojas por planta, seguidos por el tratamiento T2 con 15.87 hojas y el tratamiento T3 con 14.07 hojas, los menores valores los presentan el tratamiento T4 con 13.43 hojas y el tratamiento T5 con 13.2 hojas. Como se puede ver el mejor número de hojas las presentó las plantas sometidas al tratamiento T1 (0.1% de bokashi líquido/ 1 de agua) y el tratamiento T0 (Solución nutritiva Hoagland y Arnon al 50%), seguido en menor por medida por los tratamientos T2, T3, T4 y T5; en ese orden respectivamente.

4.2. Peso fresco de lechuga.

En el ANVA (Tabla 16) para la variable peso fresco se encuentra que existe diferencias estadísticas altamente significativas ($p=0.0001$) entre los tratamientos. Al efectuar la prueba de promedios múltiple de Tukey ($\alpha=0.05$) (Tabla 10) se encuentra que los tratamientos T1 y T0 tienen mejores promedios de peso fresco, con promedios de 34.33 g y 33.9 g, respectivamente, mostrándose iguales estadísticamente, ver gráfico (figura 4) pero a la vez diferentes a los demás tratamientos, en comparación de Ruiz (2021) obtuvo 317.43 g/planta de peso fresco.

Tabla 10.

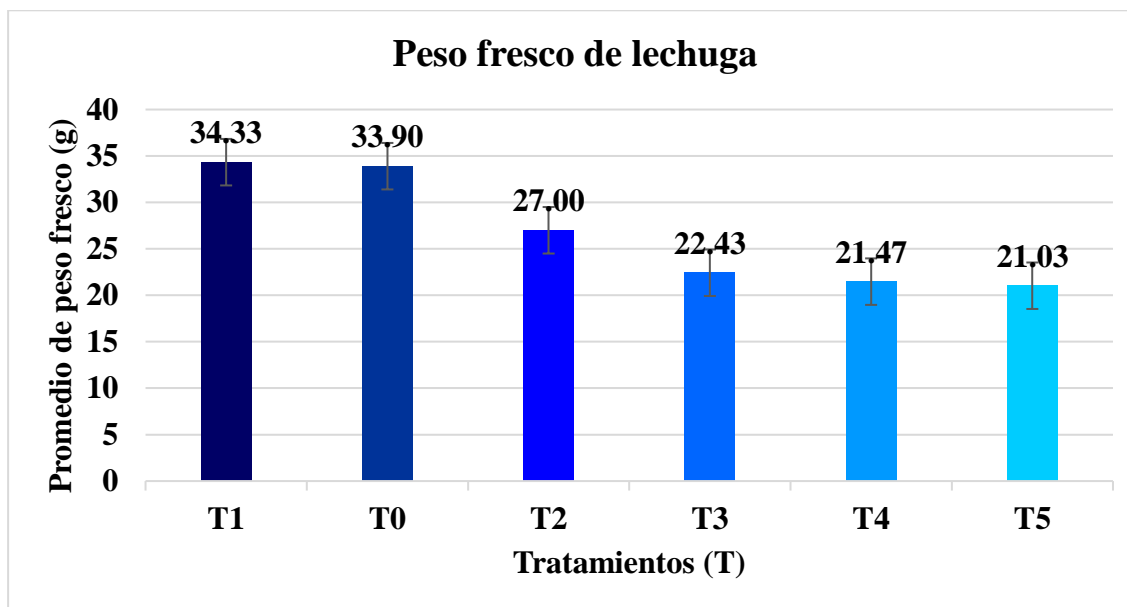
Prueba de promedios de Tukey ($\alpha=0.05$) para peso fresco en g/plantas de lechuga.

Tratamientos	Medias	Sig.
T1	34.33	a
T0	33.90	a
T2	27.00	b
T3	22.43	c
T4	21.47	c
T5	21.03	c

*: Letras iguales no muestran diferencias estadísticas.

Figura 4.

Variación de Peso Fresco de Lechugas (Lactuca sativa L.)



Nota: Variación del peso fresco de lechugas (Lactuca sativa L) en sistema de raíz flotante con solución nutritiva de Hoagland y Arnon (SNH y A) al 50% más diferentes dosis de bokashi líquido (BL). T0 = Solución nutritiva Hoagland y Arnon al 50%; T1= SNH y A + BL al 0.1%; T2= SNH y A + BL al 0.5%; T3= SNH y A + BL al 1.0%; T4= SNH y A + BL al 1.5%; T5= SNH y A + BL al 2.0%.

De acuerdo a la figura 4, las plantas que presentaron mejor peso fresco, es decir un mejor estimador de volumen son el tratamiento T1 (0.1% de bokashi líquido/ l de agua) con 34.33 g y el tratamiento T0 (Solución nutritiva Hoagland y Arnon) con 33.90 g; le siguen el tratamiento T2 (0.5% de bokashi líquido/ l de agua) con 27 g, le siguen el tratamiento T3, T4 y T5 quienes presentan valores menores a comparación con el tratamiento T1 y el testigo; aclarando que estos tratamientos tienen mejores resultados sobre las plantas de lechuga.

4.3. Peso seco de lechuga.

En el ANVA para la variable Peso seco (Tabla 17) se encontró diferencias estadísticas significativas ($p=0.0024$) entre los tratamientos. Al efectuar la prueba de promedios múltiple de Tukey ($\alpha=0.05$) (Tabla 11) se observan que los tratamientos T0, T1, T5 y T2 son iguales estadísticamente con media de 1.83, 1.80, 1.57 y 1.57 respectivamente; pero a la vez el tratamiento T5 es igual al tratamiento T2. Mientras que los tratamientos T3 y T4 son diferentes a los demás tratamientos, así mismo Ruiz (2021) reporta su mayor peso seco de 2.91 g/por planta, ver gráfico (figura 5).

Tabla 11.

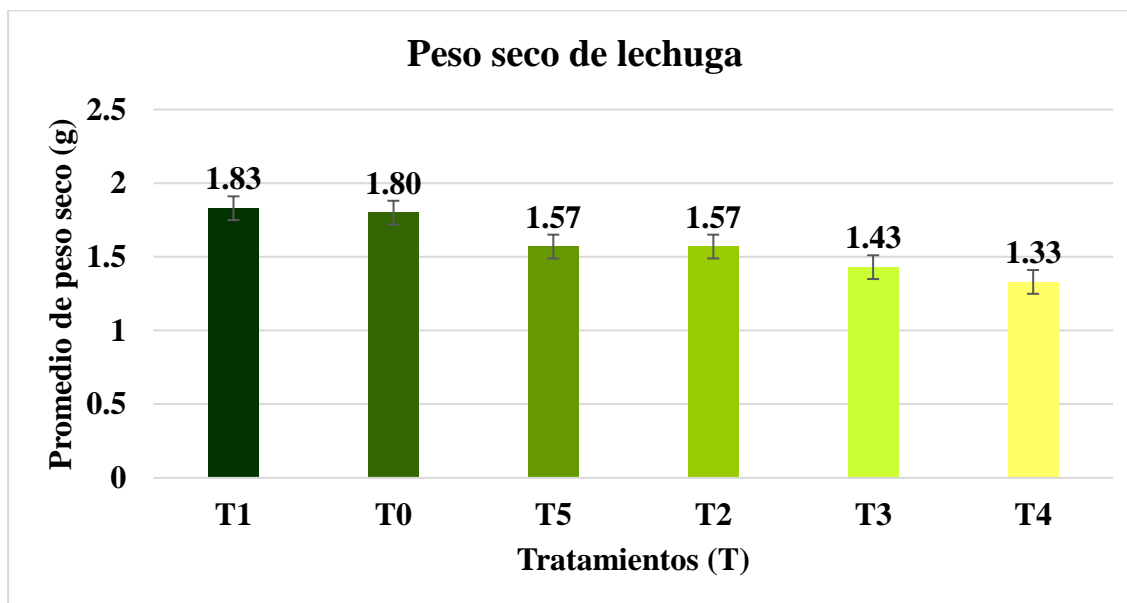
Prueba de promedios de Tukey ($\alpha=0.05$) para peso seco en g/plantas de lechuga.

Tratamientos	Medias	Sig.
T1	1.83	a
T0	1.80	a
T5	1.57	ab
T2	1.57	ab
T3	1.43	b
T4	1.33	b

*: Letras iguales no muestran diferencias estadísticas.

Figura 5.

Variación de peso seco de lechugas (Lactuca sativa L.)



Nota: Variación del peso seco de lechugas (Lactuca sativa L.) en un sistema de raíz flotante. (Lactuca sativa L) en sistema de raíz flotante con solución nutritiva de Hoagland y Arnon (SNH y A) al 50% más diferentes dosis de bokashi líquido (BL). T0 = Solución nutritiva Hoagland y Arnon al 50%; T1= SNH y A + BL al 0.1%; T2= SNH y A + BL al 0.5%; T3= SNH y A + BL al 1.0%; T4= SNH y A + BL al 1.5%; T5= SNH y A + BL al 2.0%.

De acuerdo con la figura 5, el mayor peso seco las presento el tratamiento T1 (0.1% de bokashi líquido/ l de agua) y el tratamiento T0 (Solución nutritiva Hoagland y Arnon al 50%) 1.83 g y 1.80 g respectivamente, le sigue con valores inferiores y similares el tratamiento T5, T2, T3 y T4.

4.4. Rendimiento de lechuga en t/ha.

En el ANVA (Tabla 18) para la variable Rendimiento, se encuentra que existe diferencias estadísticas significativas ($p=0.0001$) entre los tratamientos. Al efectuar la prueba de promedios múltiple de Tukey ($\alpha=0.05$) (Tabla 12) se encuentra que los tratamientos T1 y T0 tienen un rendimiento con promedios de 3.44 t/ha y 3.40 t/ha, respectivamente, mostrándose iguales estadísticamente, pero a la vez diferentes a los demás tratamientos, ver gráfico (figura 6), en caso de Incio (2019) presento un rendimiento de 2.30 t/ha.

Tabla 12.

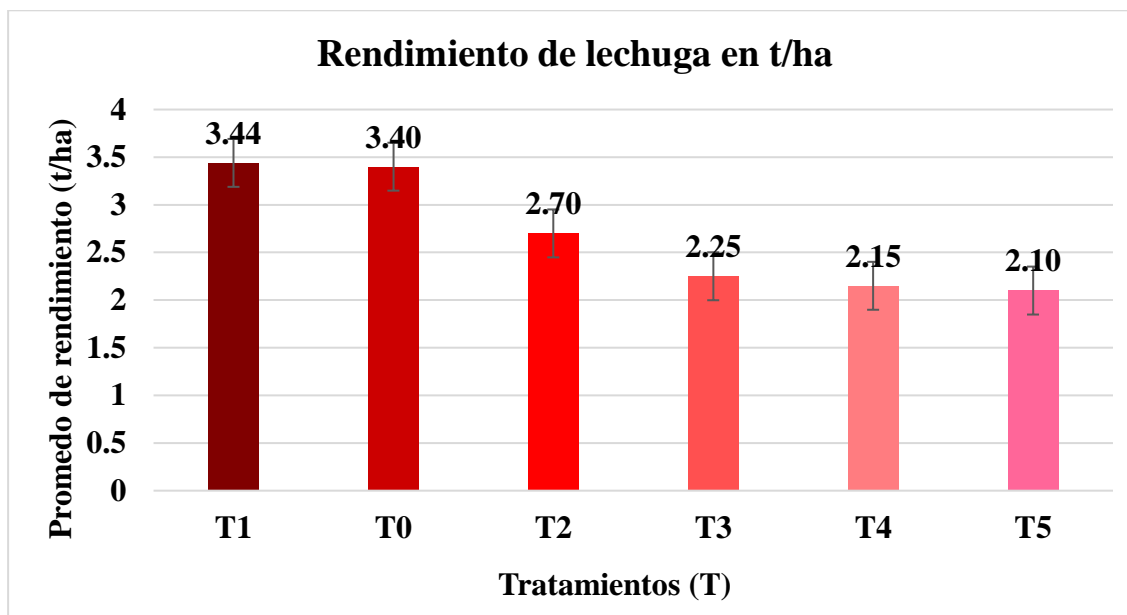
Prueba de promedios de Tukey ($\alpha=0.05$) para rendimiento del cultivo de lechuga.

Tratamientos	Medias	Sig.
T1	3.44	a
T0	3.40	a
T2	2.70	b
T3	2.25	c
T4	2.15	c
T5	2.10	c

*: Letras iguales no muestran diferencias estadísticas.

Figura 6.

Variación del rendimiento de lechugas (Lactuca sativa L.)



Nota: Variación del rendimiento de lechugas (Lactuca sativa L.) en sistema de raíz flotante con solución nutritiva de Hoagland y Arnon (SNH y A) al 50% más diferentes dosis de bokashi líquido (BL). T0 = Solución nutritiva Hoagland y Arnon al 50%; T1= SNH y A + BL al 0.1%; T2= SNH y A + BL al 0.5%; T3= SNH y A + BL al 1.0%; T4= SNH y A + BL al 1.5%; T5= SNH y A + BL al 2.0%.







De acuerdo con la figura 6, el Tratamiento T1 (0.1% de bokashi líquido/ l de agua) y tratamiento T0 (Solución nutritiva Hoagland y Arnon al 50%) evidenciaron mayor rendimiento, a comparación de los tratamientos T2, T3, T4 y T5, quienes tuvieron un rendimiento similar.

4.5. Calidad.

De acuerdo a los parámetros cualitativos de la calidad del cultivo de lechuga, se vio la coloración, textura y el tamaño de las hojas. Según Agüero (2011) las hojas de lechuga se clasifican en bueno (verde claro- verde oscuro), mediano (verde pálido) y malo (verde amarillento), en base a las coloraciones obtenidas estas se encuentran dentro de los rangos de buena calidad.

Tabla 13.

Datos de parámetros de calidad en los tratamientos.

Tratamientos	Color	Textura	Tamaño
T1	Verde claro 	Suave	14.3 cm
T0	Verde 	Suave	14.1 cm
T2	Verde claro 	Suave	13.6 cm
T3	Verde claro 	Suave	12.2 cm
T4	Verde claro 	Suave	11.9 cm
T5	Verde claro 	Suave	11.7 cm

4.6. Otros datos registrados.

Se registro la temperatura interna y externa del invernadero, tanto como la temperatura del agua, demás se tomó el pH, CE, iluminación interna y externa del invernadero, así obteniendo lo siguiente:

Temperatura interna del invernadero (27.2°C), temperatura externa (31.5°C).

Temperatura del agua (26.3°C).

CE (790 dS/m).

Iluminación interna del invernadero (11 878 lux), iluminación externa (106 820 lux).

pH (5.4)

CAPÍTULO V.

DISCUSIÓN.

5.1. Número de hojas de lechuga.

Los resultados indican que Puchoc y Quintana (2019) quienes aplicaron 40.6 g de bokashi sólido sobre el suelo lograron obtener 18 hojas/planta.

Rosales (2023), trabajó con 3 soluciones hidropónicas de biol al 1% (T2), 5% (T3) y 2,5% (T4) con fuente de micronutrientes. El que dio mayor resultado fue el T4 que obtuvo 18 hojas/planta, siendo ligeramente superior a lo que obtuve en el T1 con 17.73 hojas/planta, esto fue debido a las altas temperaturas que se presentaron, a la conductividad y pH, que estuvieron en niveles bajos durante la ejecución del proyecto de investigación.

Calle (2022), trabajó con 3 variedades de lechuga en sistema hidropónico, tal caso la variedad Red Salad Bowl. desarrollo 15.4 hojas/planta, siendo menor a lo que obtuve en el T1 con 17.73 hojas/planta.

5.2. Peso fresco de lechuga.

Ruiz (2021), reporta resultados superiores, quien obtuvo 317.43 g de peso fresco por planta, utilizando solución nutritiva química. Este menciona que le ayudo a tener una mejor absorción de nutrientes al cultivo el pH y Conductividad eléctrica (CE) que deben estar en un rango de pH 6,5 a 7,5 y CE 990 a 1180 ds/m.

Resultados superiores muestra Torres, E; *et al.* (2019), quienes emplearon 5 tratamientos de biol que incluye al testigo: T1 con 0.0, T2 con 250, T3 con 500, T4 con 750, T5 con 1000 ml de biol sobre 200 l de agua, determinando que el T5 obtuvo 165.83 g/ planta. Siendo muy superior al T1 (34.33 g) que obtuve.

5.3. Peso seco de lechuga.

Resultados mayores de peso seco reporta Ruiz (2021), utilizando solución nutritiva química obteniendo 2,91 g de peso seco.

5.4. Rendimiento de lechuga en t/ha.

Resultados inferiores los presenta Incio (2019), quien utilizó cuatro dosis de biol (50 ml, 100 ml, 150 ml y 200 ml) en lechuga variedad White Boston, obteniendo del Tratamiento 3 (150 ml) 2.30 t/ha, en comparación al Tratamiento T1, que dio un valor de 3.44 t/ha.

Siendo los resultados inferiores a Maita (2018), quien usó solución nutritiva, 5 ml de A y 1 ml de B por litro de agua, obteniendo un rendimiento de 7.13 t/ha, en comparación con lo que obtuve en el T1 que fue de 3.44 t/ha.

5.5. Calidad.

De acuerdo con los datos de calidad del T1, se obtuvo un promedio de 14.3 cm de altura en hojas, lo cual fue superior a Mendoza *et al* (2020), que en el T3 (estiércol de vaca), tuvo un crecimiento en hojas de 11.97 cm.

CAPITULO VI.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1. Conclusiones.

- Sobre las diferentes dosis de Bokashi líquido (T0 = Solución nutritiva Hoagland y Arnon al 50%; T1= SNH y A + BL al 0.1%; T2= SNH y A + BL al 0.5%; T3= SNH y A + BL al 1.0%; T4= SNH y A + BL al 1.5%; T5= SNH y A + BL al 2.0%.) en el rendimiento productivo del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) se evaluó que los tratamientos T1 y T0 superan a los demás tratamientos con una diferencia significativa.
- Los tratamientos que dieron mayores resultados fueron los tratamientos T1(17.73 hojas/planta) seguido del T0 (17.70 hojas/planta); T1 (34.33) y T0 (33.90) en peso fresco en g/planta de lechuga; T1 (1.83) y T0 (1.80) de peso seco en g/planta de lechuga; T1 (3.44) y T0 (3.40) de peso fresco de lechuga en t/ha; respectivamente, los demás tratamientos tuvieron valores inferiores.
- Al realizar los parámetros cualitativos de la calidad del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo un sistema de raíz flotante, se observó que el T1 y T0 tuvo un color verde claro y verde, ambas con textura suave y con un tamaño de hoja de 14.3 y 14.1 cm.

6.2. Recomendaciones.

De acuerdo a los resultados obtenidos se recomienda lo siguiente:

- Aplicar el T1(0.1% de bokashi liquido más solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%) en el cultivo de lechuga bajo un sistema de raíz flotante para tener mayor tamaño y números de hojas.
- Investigar sobre la aplicación de otros productos orgánicos para el cultivo de lechuga que se adapten a un sistema hidropónico implementando distintas densidades de siembra.
- Con el uso de sistema hidropónico se puede dar un manejo eficiente al recurso hídrico.
- Seguir investigando sobre nuevas tecnologías implementadas en sistemas hidropónicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- AEMA. (2020). Disponible en: <https://aemahispanica.com/actualidad/tecnicas-hidroponicas/>
- Agüero, M. (2011). *Modalidad de evaluación de índice de calidad integral de lechuga mantecosa desde la precosecha hasta el consumidor*. Tesis de doctorado. Buenos Aires, Argentina. UNLP.
- Alvear, C.; Torres X.; Mejía M. Manual de agricultura alternativa Principios. 1ra ed. Bogotá. San Pablo. (2004). Págs.: 32-41.
- Araceli Zárate, A. (5 julio de 2010). La hidroponía podría resolver escasez de alimentos: UNAM. *La Jornada*. Recuperado de <https://www.jornada.com.mx>
- Arano, C. R. (2002). *El ABC de la hidroponía*. Argentina: Edición del Autor.
- Artos, N. B. (2023). Influencia de dos métodos de secado (estufa y microondas) de seis muestras para alimento animal sobre los resultados del análisis bromatológico. Tesis Ing. Quito-Ecuador. UCE. 5 p.
- Beltrano, J; Giménez, O. (2015). *Cultivo en hidroponía. La plata. Argentina. UNLP. 10 p.* Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequence=1
- Calle Cruz, Y. L. (2022). *Evaluación de la producción de tres cultivares de Lactuca sativa L, bajo sistema hidropónico a raíz flotante, distrito veintiséis de octubre-piura, año 2022.*
- Carguachi, L. (2022). *Evaluación del rendimiento de lechuga crespa (Lactuca sativa L.) var. batavia, en dos tipos de invernaderos, parroquia calpi, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo*. Tesis Ing. Riobamba. Ecuador. ESPOCH. 16 p.

- Carrasco, Gilda, Tapia, Jaime, y Urrestarazu, Miguel. (2006). Contenido de nitratos en lechugas cultivadas en sistemas hidropónicos. *Idesia Arica*, 24(1), 25-30.
- Cedeño, Niurta. 2022. *Identificación del efecto de deficiencias nutricionales en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.) bajo sistema hidropónico*. Tesis ing. Mocache- Ecuador. UTEQ. 6 p.
- Chiesa, A. (2010). Factores precosecha y postcosecha que inciden en la calidad de la lechuga. Buenos Aires, Argentina. *Horticultura Argentina*, 29(68), 28-32 p.
- Cronquist, A. 1993., citado por Quispe, L.2015. *Evaluación de seis variedades de lechuga, (Lactuca sativa L.) cultivadas con el sistema hidropónico recirculante NFT en el centro experimental de Cota Cota. La Paz, Bolivia*. UMSA. 7 p.
- Ding X, Jiang Y, Zhao H, Guo D, He L, Liu F, Zhou Q, Nandwani D, Hui D y Yu J. (2018). La conductividad eléctrica de la solución nutritiva influyó en la fotosíntesis, la calidad y la actividad enzimática antioxidante de pakchoi (*Brassica campestris L. ssp. Chinensis*) en un sistema hidropónico. *Plos uno*, 13(8), 20-90.
- Don C. Wilkerson. (2022). Solución de Nutrientes por Agricultura en Ambiente Controlado. *Ciencias Hortícolas*. 21(1) 10-11.
- Espinoza L. (2018). *Evaluación del riego subsuperficial en dos variedades de lechuga (Lactuca sativa L.) bajo tres sustratos en el centro experimental de Cota Cota*. (Tesis de pregrado). Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- Ferawati Etika Mena; Herayanti Panca Nastiti; Dominggus Benyamin Osa. (2022). El efecto de los niveles de solución Bokashi de estiércol de vaca en el sistema hidropónico sobre el crecimiento del forraje de maíz. *Jurnal Planet Peternakan*. 1 (1), 23 – 30.

- García G. (2019). *Fenología, calidad y rendimiento de fruto de fresa variedad ' El Dorado' con fertilización química y orgánica*. (Tesis pregrado). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Teziutlán, México.
- García, E. (2007). *Efecto de dos soluciones nutritivas de origen orgánico (Lombricompost y Bokashi) sobre el rendimiento y calidad del cultivo de lechuga (Lactuca sativa L. var. longifolia Compositae) en hidroponía*. (Tesis pregrado). Universidad Rafael Landívar. Guatemala.
- Godoy, P.; Zolezzi, M.; Sepúlveda, P.; *et al.* (2018). Principales plagas y enfermedades en lechuga, tomate y cebolla. Boletín INIA N° 388, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación La Platina, La Pintana, Chile. 28 p.
- Huaroto E. (2023). *Efecto de cuatro dosis del humus líquido de lombriz en el crecimiento y rendimiento del cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.) en sistema hidropónico en Pucallpa*. (Tesis de pregrado). Pucallpa- Perú. UNU. 7p.
- Incio P. (2019). *Efecto de cuatro dosis de biol en el rendimiento de lechuga (Lactuca sativa L) variedad white boston en Cajamarca*. (Tesis pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú.
- INTAGRI. (2017). *La Hidroponía: Cultivos sin Suelo. Serie Horticultura Protegida*. México. Artículos Técnicos de INTAGRI. Recuperado de <https://www.intagri.com/>
- INTAGRI. (2017). *La Industria de los Cultivos Hidropónicos. Serie Horticultura Protegida*. México. Artículos Técnicos de INTAGRI. Recuperado de <https://www.intagri.com>
- Juárez-Rosete, C. R., Bugarín-Montoya, R., Alejo-Santiago, G., Aguilar-Castillo, J. A., Peña-Sandoval, G. R., Palemón-Alberto, F., & Aburto-González, C. A. (2022). Concentración de

- nitratos en lechuga (*Lactuca sativa* L.) en un sistema de raíz flotante. *Interciencia*, 47(6), 225-231.
- Lennard, WA y BV Leonard. (2012). Una con comparación de flujo recíproco versus flujo constante en un sistema de prueba acuapónico integrado de lecho de grava. *Acuicultura Internacional* 12(2), 539–553.
- Lima, D. P. D., Fregonezi, G. A. D. F., Hata, F. T., Ventura, M. U., Resende, J. T. V. D., Wanderley, C. D. S., & Figueiredo, A. (2022). El uso de dosis reducidas de Bocashi es similar a la fertilización NPK en la producción de lechuga iceberg.
- Maita L. (2018). *Concentración de nitratos en lechuga (*Lactuca sativa* var. Waldman) producidas en un sistema hidropónico de raíz flotante utilizando tres soluciones nutritivas, Arequipa.* (Tesis pregrado). Universidad Nacional De San Agustín de Arequipa. Arequipa, Perú.
- 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.* (Tesis de pregrado). Pucallpa-Perú. UNU. 11p.
- Mariscal, R. (2023). *Nitrógeno estabilizado en rendimiento y calidad de lechuga (*Lactuca sativa* L.) Variedad Great Lakes en el Fundo Agua Dulce – Cañete.* Tesis para Ing. Cañete, Peru. UNDC. 9 p.
- Mendoza Flores, Brian Jazmani y Vicente Rojas, Juan José. (2020). Fertilizantes orgánicos en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) crespa verde. *Agro-vet.* vol.4, n.2pp. 499-503.
- Morales C. 2011. *Determinación de indicadores de calidad por apariencia para vegetales frescos precortados.* Maestría. Chia -Colombia UNISABANA. 25 p.

- Ollúa, R., & Chiesa, A. (2016). *Concentración de nitratos en dos tipos comerciales de lechuga (Lactuca sativa L.) cultivadas con distintas fuentes nitrogenadas*. Obtenido de Scielo: <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902016005000004>
- Ortega, P (2012). *Elaboración del bokashi sólido y líquido*. (Tesis pregrado). Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador.
- Pazmiño, L. (2007). *Estudio Bioagronómico de 3 cultivares de lechuga y niveles de fertilización orgánica a base de compost en Chaupi Aguallaca - Cantón Pujili* Tesis de pregrado, Chimborazo, Ecuador. ESPOCH.
- Quintana Garay, R. N., & Puchoc Terrel, E. C. (2019) *Comparación de dos tipos de abonos (bokashi y fertilizante mineral) en la calidad del suelo para el cultivo de lechuga (Lactuca sativa L), vivero, El Agustino*. Disponible en <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3014644>
- Quintero, I., Zambrano, J., Cabrita, M. y Gil, R. (2000). *Evaluación en campo y postcosecha de nueve cultivares de lechuga Lactuca sativa L*. Universidad de los Andes NURR – ULA, Trujillo, Venezuela. Rev. Fac. Agron (Luz), 17, 482-491 p
- Rosales Atavillos, R. N. (2023). *Efecto de una solución hidropónica a partir del biol de aguas mieles en la productividad de Lactuca sativa L (lechuga) en Amazonas 2022*.
- Ruiz C. (2021). *Evaluación de dos biofertilizantes (bokashi líquido, te dé estiércol) en tres sistemas de cultivo en Lechuga (Lactuca sativa L.) Alangasi - Pichincha*. (Tesis pregrado). Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga, Ecuador.
- SENAMHI Pucallpa (2023). *Pronóstico del tiempo para PUCALLPA (Ucayali)*. Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=ucayali&p=pronostico-detalle>

- Shi, M.; Gu, J.; Wu, H.; Rauf, A.; Emran, tuberculosis; Kan, Z.; Mitra, S.; Aljohaní, ASM; Alhumaydhi, FA y Al- Awthan, YS. (2022). Fitoquímicos, nutrición, metabolismo, biodisponibilidad y beneficios para la salud en la lechuga. *Antioxidantes*. 11(2), 11-58.
- Shintani, M., Leblac, H., & Tabora, P. (2000). *Tecnología tradicional adaptada para una agricultura sostenible y un manejo de desechos modernos*. *Guácimo (CR)*, 1(1), 25-47.
- Siebielec G., Ukalska-Jaruga A. y Kidd, P. (2014). Biodisponibilidad de oligoelementos en suelos enmendados con materiales ricos en fosfato. En: Fosfato en Suelos: Interacción con Micronutrientes, Radionúclidos y Metales Pesados. *CRC Press*. 12(1), 237–268.
- Tafet, A. A. D. (2022). *Mayores rendimientos agrícolas utilizando como método de cultivo el sistema hidropónico* (Tesis doctoral). Universidad de Belgrano. Buenos Aires, Argentina.
- Thais Puentes. (2022). *Impacto de la hidroponía en el medio ambiente*. *Salud For You*. Recuperado de <https://www.saludforyou.com/>
- Torres, E. G., Cárdenas, J. L., Nieto, D. D. C., & Soto, F. C. (2019). Experimento con biol de subproductos de azúcar para mayor rendimiento ecológico en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Studium Veritatis*, 17(23), 285-304.
- Vecilla L (2022). *Producción hidropónica de lechuga (Lactuca sativa L.) bajo el sistema de raíz flotante con diferentes soluciones nutritivas*. Tesis de pregrado. Guayaquil, Ecuador. UG. 9 p.
- Welbaum, G.E. (2015). *Producción de hortalizas y practicas CABI*, Boston, USA: Claire Sissen.
- White PJ (2012). *Mecanismos de captación de iones de células y raíces individuales: transporte de corta distancia*. En: Marschner, P. (Ed.), *Nutrición mineral de plantas superiores de Marschner*. *Prensa Académica*. 10(1), 7–47.

ANEXOS.

Tabla 14.*Prueba de normalidad de Shapiro Wilks.*

Variable	Estadístico	GL	Sig.
Número de Hojas	,95	54	,5431
Peso fresco	,11	54	,5405
Peso seco	,19	54	,2042
Rendimiento	,53	18	,6820

$P \leq 0.05$ hay diferencia estadística significativa.

Tabla 15.*Análisis de varianza del número de hojas de las plantas de lechuga.*

FV	SC	GL	CM	FC	Sig.
Tratamiento	57.76	5	11.55	28.84	0.0001**
Error	4.81	12	0.40		
Total	62.57	17			
R ² : 0.92					CV: 4.15%

$P \leq 0.05$ hay diferencia estadística significativa.

Tabla 16.*Análisis de varianza del peso fresco de las plantas de lechuga.*

FV	SC	GL	CM	FC	Sig.
Tratamiento	563.70	5	112.74	88.62	0.0001**
Error	15.27	12	1.27		
Total	758.97	17			
R ² : 0.97					CV: 4.23%

$P \leq 0.05$ hay diferencia estadística significativa.

Tabla 17.*Análisis de varianza del peso seco de las plantas de lechuga.*

FV	SC	GL	CM	FC	Sig.
Tratamiento	0.58	5	0.12	7.26	0.0024**
Error	0.19	12	0.02		
Total	0.78	17			
R ² : 0.75					CV: 7.99%

P \leq 0.05 hay diferencia estadística significativa.

Tabla 18.*Análisis de varianza del rendimiento de las plantas de lechuga.*

FV	SC	GL	CM	FC	Sig.
Tratamiento	22.66	5	4.53	86.77	0.0001**
Error	0.63	12	0.05		
Total	3.28	17			
R ² : 0.97					CV: 4.28%

P \leq 0.05 hay diferencia estadística significativa.

Tabla 19.*Macro y micronutrientes de la solución nutritiva de Hoagland y Arnon.*

Soluciones nutritivas	Componentes de solución nutritiva	g/l	Dosis 100%	Dosis 50%	Dosis 25%
A	Nitrato de calcio Ca (NO ₃) ₂	336.16	5 ml	2.5 ml	1.25 ml
B	Nitrato de potasio KNO ₃	101.10	5 ml	2.5 ml	1.25 ml
C	Sulfato de magnesio MgSO ₄	120.37	2 ml	1 ml	0.5 ml
D	Fosfato de potasio K ₂ HPO ₄	135.15	1 ml	0.5 ml	0.25 ml
	Sulfato de manganeso MnSO ₄ ,	1.81			
	Ácido bórico H ₃ BO ₃ ,	2.86			
I	Sulfato de zinc ZnSO ₄ ,	0.1	1 ml	0.5	0.25 ml
	Sulfato de cobre CuSO ₄ ,	0.1			
	Oxido de molibdeno MoO ₃ .	0.1			
J	Sulfato ferroso FeSO ₄	24.9	1 ml	0.5 ml	0.25 ml
Total			15 ml/l	7.5 ml/l	3.75 ml/l
Total/caja de 76 litros			1.140 ml	570 ml	285 ml
Total usado en 18 cajas de 76 litros de agua.			20.520 ml	10.260 ml	5.130 ml

Figura 7A.

Análisis de bokashi líquido.



Instituto Nacional de Innovación Agraria

INFORME DE ENSAYO
N° 12027-23/AB/ LABSAF - PUCALLPA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : LILA LUCIA LOZANO BARDALES
 Propietario / Productor : LILA LUCIA LOZANO BARDALES
 Dirección del cliente : Jr. PUTUMAYO Mz H Lt. 9
 Solicitado por : LILA LUCIA LOZANO BARDALES
 Muestreado por : Cliente
 Número de muestra(s) : 1
 Producto declarado : Abono orgánico
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
 Procedencia de muestra(s) : AGUAYTIA, PADRE ABAD, UCAYALI
 Fecha(s) de muestreo : 2023-09-18 (*)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2023-09-19
 Lugar de ensayo : LABSAF Pucallpa
 Fecha(s) de análisis : del 27/11/2023 al 03/12/2023
 Cotización del servicio : 0157-23-PC
 Fecha de emisión : 2023-12-20

II. RESULTADO DE ANALISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	AB0130-PC-23					
Matriz Analizada	Abono orgánico					
Fecha de Muestreo	2023-09-18					
Hora de Inicio de Muestreo (h)	11:00					
Condición de la muestra	Conservada					
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	M1					
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH (**)	Unid. pH	0,1	4,4			
Conductividad eléctrica (**)	mS/m	1,0	1.493,0			
Nitrogeno total (**)	%	0,01	0,04			
Fosforo total (**)	%	--	0,01			
Calcio (**)	%	--	0,04			
Magnesio (**)	%	--	0,02			
Potasio (**)	%	--	0,17			



Figura 8A. *Medición y perforación del tecnopor.*



Figura 9A. *Instalación del equipo de aire acondicionado.*



Figura 10A. *Adquisición de las semillas de lechuga White Boston.*



Figura 11A. *Preparación del sustrato y cama germinadora.*



Figura 12A. *Siembra y germinación de las semillas.*



Figura 13A. *Riego del almacigo.*



Figura 14A. *Preparación y aplicación de la solución nutritiva al 25%.*



Figura 15A. *Repique de las plántulas de lechuga.*



Figura 16A. *Monitoreo preventivo y control fitosanitario de las lechugas.*



Figura 17A. *Preparación y aplicación de la solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50% más dosis de bokashi líquido.*



Figura 18A. Cosecha.



Figura 19A. Peso fresco.



Figura 20A. Peso seco.



Figura 21A. Toma del pH, CE y temperatura del agua.



Figura 22A. Temperatura dentro del invernadero, antes y después de hacer uso del equipo de aire acondicionado.