UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE TRES VARIEDADES DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) EN UN SISTEMA ACUAPÓNICO EN EL DISTRITO DE YARINACOCHA.

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO AGRONÓMO

MARKO ANTONIO GRANDEZ CACHIQUE

Pucallpa, Perú

2024

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

ANEXO 4

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de la tesis, presentado por **Marko Antonio Grandez Cachique,** denominada: **"Comportamiento productivo de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa L.*) en un sistema acuapónico en el distrito de Yarinacocha"** para cumplir con el requisito de **TÍTULO PROFESIONAL**.

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por el sustentante lo declaramos: APROBADO POR MAYORIA con el calificativo (*) QUINCE (15)

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

Pucallpa, 30 de ENERO de 2025.

Dr. Gustavo Horacio Celi Arévalo
Presidente

Mg. Luis Alberto Díaz Sandoval
Primer Miembro

M. Sc. Edwin Poquioma Yuimachi
Segundo Miembro

M. Sc. Pablo Pedro Villegas Panduro
Asesor

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

ACTA DE APROBACIÓN DE TESIS

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

Dr. Gustavo Horacio Celi Arévalo ..... PRESIDENTE

Mg. Luis Alberto Díaz Sandoval ..... PRIMER MIEMBRO

M. Sc. Edwin Poquioma Yuimachi ..... SEGUNDO MIEMBRO

M. Sc. Pablo Pedro Villegas Panduro ..... ASESOR

Bach. Marko Antonio Grandez Cachique ..... TESISTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº **V/0742-2024** .

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

"COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE TRES VARIEDADES DE LECHUGA (Lactuca sativa L.) EN UN SISTEMA ACUAPÓNICO EN EL DISTRITO DE YARINACOCHA"

Autor(es)	:	**GRANDEZ CACHIQUE, MARKO ANTONIO**
Facultad	:	**CIENCIAS AGROPECUARIAS**
Escuela	:	**AGRONOMÍA**
Asesor(a)	:	**Mg. VILLEGAS PANDURO, PABLO PEDRO**

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

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

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

Fecha: 26/12/2024

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Marko Antonio Grandez Gachique

Autor de la tesis titulada : Comportamiento productivo de tres variedades de lechuga (Lactuca Sativa L.) en un sistema acuaponico en el distrito de Yarinacocha.

Sustentada el año 2025

Asesor(a): M. Sc. Pablo Pedro Villegas Panduro

Facultad: Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional: Agronomía

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

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: 09/02/25

Email: marko123grandez@gmail.com Firma:

Teléfono: 918363327 DNI: 72741130

DEDICATORIA

A Dios, por brindarme inteligencia, sabiduría y fuerza para avanzar en este proceso, ya que gracias a el e logrado concluir mi carrera.

A mi madre Varinia Artemisa Cachique Barrios, por ser la amiga y compañera que me ha ayudado a crecer, gracias por estar siempre conmigo en todo momento y por el amor que me da.

A mi padre Marlon Magno Grandez Flores, cuya memoria me guía cada dia hacIia la excelencia y preserverancia, que, aunque no este físicamente presente, su espíritu y enseñanza permanece conmigo.

A mis abuelos Jose Grandez, Rosa Flores, Griselda Barrios, Roman Cachique, que con la sabiduría de Dios me han enseñado a ser quien soy hoy.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Ucayali por ser mi alma mater.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la carrera de Agronomía, por compartirme todos sus conocimientos y por formarme académicamente con todas sus experiencias y que gracia a ellos fui formado en el profesional correcto que ahora soy.

Al Instituto de Educación Superior Pedagógico Publico Bilingüe por haberme abierto las puertas de las instalaciones del sistema acuapónico, en el cual realice mi investigación.

Al Ing. M.Sc. Pablo Pedro Villegas Panduro, por apoyarme como mi asesor, mentor y guía en mi proyecto de investigación.

Al Ing. M. Sc. Rogger Wagner Peña Pasmiño, por ser un gran amigo, mi guía y mi apoyo en toda la ejecución de mi proyecto de investigación y por brindarme su apoyo con todos sus conocimientos para poder culminar con éxito mi proyecto.

A mis amigos incondicionales, Arleth, Carolina, Vivian, Robert, Jhon por apoyarme y brindarme su incondicional amistad tan sincera y ser siempre ese apoyo que necesitaba en este largo proceso y siempre ser de gran soporte en mi proyecto de investigación.

A mi tio Freddy Grandez, por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesto en ayudarme en cualquier momento.

A mi enamorada Alessia Maldonado, por ser un pilar fundamental en mi vida, apoyarme en cada momento, brinadarme el amor y cariño que tanto necesito para seguir adelante.

A mi familia por siempre apoyarme en cada decisión que tome y nunca negarse a bríndame sus apoyos cuando lo necesitaba.

ÍNDICE GENERAL

		Pág.
Acta de sustentación……..		ii
Acta de aprobación……..		iii
Constancia antiplagio……..		iv
Autorización de publicación de tesis…….		v
Dedicatoria……		vi
Agradecimiento…….		vii
Indice general……..		viii
Resumen……...		x
Abstract…….		xi
Índice de tablas……..…….		xii
Índice de figuras……..……		xiv
Introducción…….		xv
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA……..		1
1.1.	Descripción y fundamentación del problema……	1
1.2.	Formulación del problema……	2
1.2.1.	Problema general……...	2
1.2.2.	Problemas específicicos……	
1.3.	Objetivo……	2
1.3.1.	Objetivo general…….	2
1.3.2.	Objetivos específicos…….	3
1.4.	Hipótesis y/o sistema de hipótesis……..……...	3
1.5.	Operacionaliación de las variables…….…….	3
1.6.	Justificción e importancia…….…….	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO……		5
2.1.	Antecedentes de la investigación……	5
2.1.1.	Antecedentes Internacionales……..	5
2.1.2.	Antecedentes Nacionales…….	6
2.1.3.	Antecedentes Locales……...	7

2.2. Bases teóricas…… 8
2.2.1. La lechuga…….…… 8
2.2.2. Acuicultura……..……. 11
2.2.3. Acuaponía…….. 12
2.3. Definiciones conceptuales…… 15
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA…… 17
3.1. Método de investigación…..……. 17
3.2. Tipo y nivel de investigación…..……. 17
3.3. Población y muestra……. 17
3.4. Componentes en estudio.……. 18
3.5. Tratamientos en estudio…….. 18
3.6. Diseño experimental…….. 19
3.7. Ejecución del experimento……... 19
3.7.1. Ubicación y duración del estudio…..…….. 19
3.7.2. Condiciones ambientales…….. 20
3.7.3. Proceso experimental…… 21
3.7.4. Variables evaluadas…….. 24
CAPÍTULO IV: RESULTADOS……..…… 27
4.1. Altura de planta…….……. 27
4.2. Número de hojas por planta……..……..…….....…. 28
4.3. Longitud de raíces a la cosecha……...……. 29
4.4. Peso por planta……..……... 31
4.5. Rendimiento por hectárea…...……..…….. 32
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS…..…… 33
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES…….……...…..…….. 36
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES……. 37
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS……. 38
ANEXOS…… 44

RESUMEN

La investigación busca evaluar el comportamiento productivo de tres variedades de lechuga cultivados en un sistema acuapónico en Yarinacocha. La investigación se realizó en el sistema de producción acuapónico, ubicado en los ambientes del Instituto Educativo Superior Pedagógico Público Bilingüe de Yarinacocha, Pucallpa, ubicado en las coordenadas: 8°20´54" Latitud sur, 74°34´18" Longitud oeste, a una altitud de 155 m.s.n.m., iniciándose en el mes de setiembre y finalizó en el mes de octubre de 2024, con una duración de 2 meses. Se realizó el almacigo de plántulas de lechuga de las variedades seda (T1), crespa (T2) y morada (T3), para luego trasplantarlas en las camas acuapónicas constituida por grava, a un distanciamiento de 30 cm x 30 cm, realizándose el riego con efluentes de la crianza de peces, a través de un sistema de tuberías e impulsada por una bomba periférica de 2 HP, el cual estuvo controlada por un timer. Se controlo plagas con aplicaciones de hongos entomopatógenos y se aplicó abono foliar para reforzar el crecimiento de las plantas. Las evaluaciones de las variables se realizaron cada 15 días y a la cosecha. Los resultados fueron analizados en un Diseño Completamente Al Azar, aplicándose una prueba de promedios de Duncan con un $\alpha = 0,05$, concluyéndose que, la lechuga variedad Seda mostró los mejores promedios de peso por planta y rendimiento por ha, en comparación con la variedad morada con la variedad crespa, asimismo, la variedad morada logró mayor altura de planta y menor número de hojas, siendo la variedad crespa la que logró los menores promedios en todas las variables evaluadas.

Palabras claves: rendimiento, hortaliza, acuaponía, sostenibilidad, ecoeficiencia.

ABSTRACT

The research seeks to evaluate the productive behavior of three varieties of lettuce grown in an aquaponic system in Yarinacocha. The research was carried out in the aquaponic production system, located in the environments of the Bilingue Public Pedagogical Higher Educational Institute of Yarinacocha, Pucallpa, located at the coordinates: 8°20'54" South latitude, 74°34'18" West longitude, at an altitude of 155 meters above sea level, starting in the month of September and ending in the month of October 2024, with a duration of 2 months. The seedbed of lettuce seedlings of the silk (T1), crespa (T2) and purple (T3) varieties was carried out, and then transplanted into the aquaponic beds made of gravel, at a distance of 30 cm x 30 cm, and irrigation was carried out. with effluents from fish farming, through a system of pipes and driven by a 2 HP peripheral pump, which was controlled by a timer. Pests were controlled with applications of entomopathogenic fungi and foliar fertilizer was applied to reinforce plant growth. The evaluations of the variables were carried out every 15 days and at harvest. The results were analyzed in a completely randomized design, applying a Duncan average test with an α = 0.05, concluding that the Seda variety lettuce showed the best average weight per plant and yield per ha, compared to the purple variety and the crespa variety, likewise, the purple variety achieved greater plant height and fewer leaves, with the crespa variety achieving the lowest averages in all the variables evaluated.

Keywords: yield, vegetable, aquaponics, sustainability, eco-efficiency.

ÍNDICE DE TABLAS

En el contenido		**Pág.**
Tabla 1.	Tratamientos…….	18
Tabla 2.	Análisis de varianza (ANVA)……..	19
Tabla 3.	Análisis de aguas de riego del sistema de cultivo acuapónico……...	23
Tabla 4.	Altura de planta de las variedades de lechugas cultivados en un sistema acuapónico…….....	27
Tabla 5.	Numero de hojas por planta de las variedades de lechugas cultivados en un sistema acuapónico……..…….	28
Tabla 6.	Longitud de raíces a la cosecha de las variedades de lechugas cultivados en un sistema acuapónico…….	30
Tabla 7.	Peso por planta de las variedades de lechugas cultivados en un sistema acuapónico…..……..…….	31
Tabla 8.	Rendimiento por hectárea de las variedades de lechugas cultivados en un sistema acuapónico……	32
En el anexo		
Tabla 9A.	ANVA de la altura de planta al trasplante…..……...	45
Tabla 10A.	ANVA de la altura de planta de la evaluación 1……...	45
Tabla 11A.	ANVA de la altura de planta de la evaluación 2……..	45
Tabla 12A.	ANVA de la altura de planta de la evaluación 3……..…….	45
Tabla 13A.	ANVA de la altura de planta de la evaluación 4……	46
Tabla 14A.	ANVA del numero de hojas al trasplante…..……	46
Tabla 15A.	ANVA del numero de hojas de la evaluación 1…….	46
Tabla 16A.	ANVA del numero de hojas de la evaluación 2…….	46
Tabla 17A.	ANVA del numero de hojas de la evaluación 3…….	47
Tabla 18A.	ANVA del numero de hojas de la evaluación 4……	47
Tabla 19A.	ANVA de la longitud de raíces a la cosecha……	47
Tabla 20A.	ANVA del peso por planta……..……	47
Tabla 21A.	ANVA del rendimiento por hectárea……..……	48

Tabla 22A. Composición del abono foliar 20 – 20 – 20……. 48
Tabla 23A. Composición del humus de lombriz líquido……. 49

ÍNDICE DE FIGURAS

En el contenido		**Pág.**
Figura 1.	Croquis del proyeto……	17
Figura 2.	Croquis de la unidad experimental……..	18
Figura 3.	Altura de planta de las variedades de lechugas cultivados en un sistema acuapónico…….……..	28
Figura 4.	Numero de hojas de las variedades de lechugas cultivados en un sistema acuapónico…….……..	29
Figura 5.	Longitud de raíces a la cosecha de las variedades de lechugas cultivados en un sistema acuapónico…..……	30
Figura 6.	Peso por planta de las variedades de lechugas cultivados en un sistema acuapónico…..…….……....	31
Figura 7.	Rendimiento por hectárea de las variedades de lechugas cultivadas en un sistema acuapónico……	32
En el anexo		
Figura 8A.	Trasplante de las plantulas de lechuga a las camas acuapónicas……..…….……..	50
Figura 9A.	Disposición de los tratamientos en las camas acuapónicas.…….	50
Figura 10A.	Evaluacion de las plantas de lechuga cada 15 dias……	51
Figura 11A.	Aplicación de Abono foliar a las plantas de lechuga.…….	51
Figura 12A.	Aplicación de hongos entomopatógenos para el control de plagas…….……	51
Figura 13A.	Daños observados causados por lepidópteros comedores de hojas..……..…….	52
Figura 14A.	Evaluación de longitud de raíces a la cosecha…….	52
Figura 15A.	Evaluación de peso por planta a la cosecha..……..	52
Figura 16A.	Supervición de jurados de tesis……..	53
Figura 17A.	Área experimental del sistema acuapónico de Yarinacocha……..……	53

INTRODUCCIÓN

La investigación estudió el comportamiento productivo de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en un sistema acuapónico en el distrito de Yarinacocha, debido a que, la lechuga, presenta un amplio consumo en todo el mundo, reconocido por su bajo contenido calórico y su abundancia en compuestos bioactivos beneficiosos para la salud, ya que, presente un bajo contenido de calorías, grasas y sodio, y una excelente fuente de fibra, hierro, folato y vitamina C (Youssef et al., 2017). También proporciona vitaminas A, B y E, junto con minerales esenciales como magnesio, calcio y zinc (Baslam et al., 2013), sin embargo, requiere sistemas de producción eficientes a nivel productivo y amigables con el ecosistema, siendo la acuaponía, una alternativa de sistema de producción adecuado, ya que, es un sistema innovador que combina la acuicultura (cría de animales acuáticos) y la hidroponía (cultivo de plantas en agua), creando un ciclo sostenible donde los desechos de los peces proporcionan nutrientes a las plantas. Este método optimiza el uso del agua, mejora la seguridad alimentaria y puede implementarse en espacios reducidos y terrenos no aptos para la agricultura convencional, lo que lo hace accesible a diversas comunidades. Además, reduce el consumo de agua en comparación con la agricultura tradicional, emplea pocos agroquímicos al usar desechos orgánicos como fertilizantes, y ofrece un alto potencial económico tanto a nivel comercial como familiar (García y Pérez, 2019).

Asimismo, la acuaponía usa eficientemente el agua, reduciendo el consumo hídrico hasta en un 90 % en comparación con la agricultura convencional, generando una producción orgánica, ya que minimiza el uso de fertilizantes químicos y pesticidas, produciendo un crecimiento acelerado de las plantas, mostrando un comportamiento de sostenibilidad ambiental y permitiendo una diversificación de la producción simultanea de peces y vegetales, aumentando la rentabilidad (Rakocy, 2006).

El conocimiento del comportamiento productivo de diferentes variedades de lechuga en un sistema acuapónico, permitirá obtener un producto rentable y de alta calidad en beneficio de los consumidores.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y fundamentación del problema.

El cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una hortaliza muy conocida, cultivada por sus grandes hojas que, en algunos casos, se agrupan formando cabezas más o menos compactas. Hay una gran cantidad de variedades de esta verdura, y su número sigue aumentando cada año.

La lechuga es un vegetal fresco y crujiente que ha llegado a ser un ingrediente esencial en nuestras ensaladas. Su consumo se remonta a la antigüedad, época en la que ya se reconocían sus beneficios para la salud.

Según Mazer (2002), los beneficios de un sistema acuapónico, cuando tiene un buen diseño y un funcionamiento adecuado, pueden reducir en un 90% la cantidad de agua necesaria para un cultivo convencional de peces. Este sistema utiliza solo una décima parte del agua y tiene el potencial de aumentar los rendimientos y disminuir los costos de producción, sin necesidad de grandes extensiones de terreno. Además, puede ahorrar hasta un 45% en fertilizantes en la producción de hortalizas, ya que el agua proveniente de la producción de peces suministra el 80% de los 16 elementos esenciales para el crecimiento de las plantas. Asimismo, es posible obtener hasta 500 plantas por metro cuadrado anualmente. En términos generales, se ha documentado que por cada tonelada de pescado producida anualmente mediante acuaponía, se pueden obtener aproximadamente siete toneladas de cultivos vegetales (CICESE, 2008).

El problema surge porque, como es bien sabido, la lechuga es una hortaliza que tradicionalmente se cultiva en la tierra. Sin embargo, se quiere evaluar su rendimiento productivo cuando se siembra en un sistema acuapónico, con el objetivo de obtener mejores resultados y más beneficios.

Se cultivaron tres variedades diferentes de lechuga: seda, crespa y morada. En este tipo de siembra, todas las hortalizas se adaptan perfectamente, logrando rendimientos similares a los del sistema tradicional, pero con la ventaja adicional de que, además de cultivar lechuga, se crían 86 peces para la venta, lo que permite generar una doble ganancia y proporcionar un buen sustento e ingresos para el agricultor.

Por otro lado, existen pocos antecedentes de estudio en cuanto a sistemas acuapónicos en la región Ucayali. De esta manera surge la investigación para determinar el comportamiento productivo de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo un sistema acuapónico en el distrito de Yarinacocha.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Es posible determinar el comportamiento productivo de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en un sistema acuapónico en el distrito de Yarinacocha?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será el comportamiento productivo de la lechuga variedad Seda en un sistema acuapónico en el distrito de Yarinacocha?
- ¿Cuál será el comportamiento productivo de la lechuga variedad Crespa en un sistema acuapónico en el distrito de Yarinacocha?
- ¿Cuál será el comportamiento productivo de la lechuga variedad Morada en un sistema acuapónico en el distrito de Yarinacocha?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el comportamiento productivo de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en un sistema acuapónico en el distrito de Yarinacocha.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento productivo de la lechuga variedad Seda en un sistema acuapónico en el distrito de Yarinacocha.
- Evaluar el comportamiento productivo de la lechuga variedad Crespa en un sistema acuapónico en el distrito de Yarinacocha.
- Evaluar el comportamiento productivo de la lechuga variedad Morada en un sistema acuapónico en el distrito de Yarinacocha.

1.4. Hipótesis y/o sistema de hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

El comportamiento productivo de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) será altamente significativo cultivado en un sistema acuapónico.

1.4.2. Hipótesis específicas

- El comportamiento productivo de la lechuga variedad Seda será altamente significativo cultivado en un sistema acuapónico en el distrito de Yarinacocha.
- El comportamiento productivo de la lechuga variedad Crespa será altamente significativo cultivado en un sistema acuapónico en el distrito de Yarinacocha.
- El comportamiento productivo de la lechuga variedad Morada será altamente significativo cultivado en un sistema acuapónico en el distrito de Yarinacocha.

1.5. Operacionaliación de las variables

Variables independientes

Variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.)

T1 = Variedad Seda

T2 = Variedad Crespa

T3 = Variedad Morada

Variables dependientes

- Altura de planta
- Número de hojas
- Longitud de raíces a la cosecha
- Peso por planta
- Rendimiento por hectárea

1.6. Justificación e importancia

La presente investigación tiene como objetivo analizar el rendimiento productivo de la lechuga cultivada en sistemas de acuaponía, específicamente en camas acuapónicas. Dada la creciente demanda de productos alimenticios saludables y orgánicos, este estudio se propone como una alternativa para mejorar tanto la calidad de vida de la población como las condiciones económicas de los agricultores. Se busca ofrecer una nueva opción de cultivo que funcione de manera orgánica, evitando el uso de agroquímicos perjudiciales. El sistema de acuaponía, al ser un proceso de recirculación donde los desechos de los peces se transforman en nutrientes para las plantas, ofrece una solución sostenible y eficiente. Este proyecto no solo contribuye al avance científico, sino que también tiene importantes implicaciones económicas, ya que brinda a los agricultores una fuente adicional de ingresos mediante la venta de cultivos y la cría de peces.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes Internacionales

Loor Mendoza et al. (2018), en su investigación "Sistema acuapónico a escala piloto con chame (*Dormitator latifrons*) y lechuga (*Lactuca sativa*) para producción de alimentos, comunidad Casas Viejas, Cantón Bolívar", implementaron un sistema acuapónico piloto en la comunidad Casas Viejas, Calceta, para el cultivo de chame y lechuga. El estudio fue no experimental y utilizó métodos descriptivos, bibliográficos, observación, visitas de campo y encuestas a 58 familias. Los resultados mostraron que la mayoría de las familias son agricultoras, cultivan maíz, y enfrentan dificultades con el acceso a agua potable. También destacaron la importancia de la producción orgánica y su conciencia sobre el impacto ambiental. Además, mostraron interés en adoptar sistemas de producción alimenticia como el acuapónico, el cual resultó en un incremento del 15% en la masa de los peces y un 75% en el ciclo de las plantas. El análisis de la calidad del agua consideró parámetros como oxígeno, pH, nitritos, nitratos y fosfatos. Se concluyó que el sistema acuapónico es viable para la producción de alimentos sostenibles en la comunidad.

Tapia (2018), en su investigación "Rediseño de reactores acuapónicos unifamiliares para el autoconsumo", propuso una alternativa para la

producción de alimentos frescos, saludables y libres de químicos, mediante el rediseño de sistemas acuapónicos unifamiliares para zonas urbanas como el Distrito Metropolitano de Quito. El estudio se centró en la producción de tilapias rojas (*Oreochromis niloticus*) y lechugas (*Lactuca sativa*), controlando las variables del sistema durante 60 días de producción. Se monitorearon variables como la temperatura del agua, el pH, el crecimiento de las raíces de las lechugas, la ganancia de peso y la longitud de los peces y las lechugas, comparando los resultados con un sistema hidropónico similar. Los resultados mostraron que los peces ganaron 1,24 g/día en promedio durante el segundo mes, alcanzando un peso promedio de 75,76 g por tilapia. El pH se mantuvo dentro de un rango adecuado tanto en el sistema acuapónico como en el hidropónico. Las lechugas alcanzaron un tamaño adecuado para el consumo sin el uso de pesticidas ni fertilizantes químicos (Hidroponía = 26,56 cm, Acuaponía = 31,91 cm). Se concluyó que el diseño del reactor acuapónico es viable para producir tanto proteína vegetal como animal, es fácil de instalar y manejar en espacios urbanos pequeños, y ofrece una opción complementaria para obtener productos orgánicos.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Culcos y Tucto et al. (2018) llevaron a cabo una investigación cuyo objetivo fue determinar y comparar la producción de *Oreochromis niloticus* variedad Chitralada (“tilapia gris”) y *Lactuca sativa* (“lechuga”) en un sistema acuapónico con diferentes densidades de peces, seleccionando el tratamiento con el mejor crecimiento. Se utilizó el Diseño Experimental de Estímulo

Creciente con tres tratamientos, sin repetición, y diferentes densidades de peces: 167 peces/m³ (T1), 250 peces/m³ (T2) y 333 peces/m³ (T3). Para las lechugas se empleó el sistema de raíz flotante (SRF), sembrando 20 lechugas por tratamiento. El crecimiento de los peces y las lechugas se evaluó mensualmente, y la comparación entre tratamientos se realizó mediante análisis de varianza y prueba de Tukey. Los resultados mostraron que el crecimiento de las tilapias fue mejor con una densidad de 167 peces/m³ (T1), alcanzando 222,90 mm de longitud y 205,58 g de peso. En cuanto a las lechugas, el mejor crecimiento se dio con 333 peces/m³ (T3), con promedios de 203,50 mm (longitud de raíz), 306,00 mm (longitud de hoja) y 198,15 g (peso fresco). El mejor factor de conversión, eficiencia alimenticia y rendimiento económico se observó en el tratamiento con 167 peces/m³ (T1). Las características físico-químicas del agua estuvieron dentro de los límites adecuados para ambas especies en el sistema acuapónico.

2.1.3 Antecedentes Locales

En la investigación titulada "Comparativo de producción del apio (*Apium graveolens*) cultivado en un sistema convencional y un sistema acuapónico en el distrito de Yarinacocha", Maicua (2021) evaluó el rendimiento del apio cultivado en ambos sistemas. El estudio se llevó a cabo en las instalaciones del Sistema Acuapónico de la ONG INMED Andes, en Yarinacocha, donde se utilizaron tanques con el cultivo de *Piaractus brachypomus* ("Paco") en el sistema acuapónico, y un camellón para el sistema convencional. Ambos sistemas recibieron el mismo tratamiento y trasplante de plántulas de apio, con

un diseño experimental de 2 tratamientos y 4 repeticiones. Los resultados mostraron que el sistema acuapónico superó al convencional en cuanto a altura de planta, diámetro de tallo, peso fresco, longitud de raíces y rendimiento por hectárea. Además, el sistema acuapónico ofreció un mayor costo-beneficio y productos de mejor calidad y sabor, demostrando ser más eficiente, rentable y sostenible que el sistema convencional, con un alto potencial comercial y beneficios en términos de seguridad alimentaria, social y económica.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. La lechuga

Origen de la lechuga (*Lactuca sativa* L.)

Casseres (1980) señala que la lechuga tiene una antigüedad considerable, remontándose al año 4,500 a.C., y que en Egipto ya era conocida hacia el 500 a.C. Su origen probable se encuentra en Asia Menor.

Taxonomía y Morfología.

Mallar (1978), indica que la clasificación de la lechuga es la siguiente:

Reino: Vegetal
División: Spermatophyta
Clase: Dicotiledónea
Orden: Sinandrales
Familia: Compositaceae
Género: Lactucae
Nombre científico: *Lactuca sativa* L.
Nombre vulgar: Lechuga

Etapas fenológicas de la lechuga.

Fenología

La lechuga puede cultivarse durante todo el año en la huerta, aunque es recomendable evitar los meses más calurosos del verano y los más fríos del invierno. Por lo general, se siembra en almácigos o en charolas de germinación, para luego ser trasplantada. El momento de la cosecha depende del tamaño de la cabeza y puede variar entre 30 y 80 días después del trasplante, dependiendo de la estación, y debe hacerse antes de que comience la floración. La lechuga crece mejor en climas templados, siendo más resistente a las bajas temperaturas (hasta –6°C) que a las altas (hasta 30°C). Requiere suelos ricos en materia orgánica, bien drenados y con alta capacidad de retención de humedad, con una humedad relativa ideal del 60 al 80%. Su pH óptimo varía entre 5.5 y 6.5, por lo que en muchas regiones será necesario ajustar el pH del suelo (Agro Krebs, 2020).

Ciclo vegetativo

En el cultivo de lechuga, se pueden identificar las siguientes fases: la etapa de plántula, que dura entre 7 y 14 días desde la germinación hasta la formación de las primeras hojas y el sistema radicular; el crecimiento vegetativo, que abarca de 30 a 45 días desde la aparición de las primeras hojas verdaderas, momento en el que se desarrollan las partes que serán cosechadas. Dentro de esta fase, se incluye la etapa de roseta, en la cual aparecen nuevas hojas y la relación largo-ancho de los folíolos disminuye, así como la fase de formación de la cabeza, donde las hojas se vuelven más anchas que largas y se curvan alrededor de la nervadura central. Finalmente, la floración y maduración ocurre después de la cosecha para consumo, caracterizándose por la elongación del tallo central y la emisión de las inflorescencias (Agro Krebs, 2020).

Rendimiento por hectárea del cultivo.

En Perú, la producción total de lechuga en 2018 alcanzó las 77,603 toneladas, cultivadas en 7,057 hectáreas que abarcan 21 departamentos. Lima fue el principal productor, seguida por Junín y La Libertad. El rendimiento promedio fue de 10,76 toneladas por hectárea (Ministerio de Agricultura y Riego – MINAGRI, 2020).

El departamento de Huánuco reportó una producción de 216 toneladas en 21,290 hectáreas sembradas, con un rendimiento promedio de 10.29 t.ha-1 (MINAGRI, 2020). Este bajo nivel de producción refleja las limitaciones agrícolas en la región, como la escasez de agua y la baja calidad agroecológica de los suelos, un factor clave para asegurar el rendimiento del cultivo. En respuesta, los agricultores recurren al uso excesivo de fertilizantes minerales, sin tener en cuenta el estado nutricional del suelo, lo que ha llevado al empobrecimiento de los mismos.

Variedades de lechuga

Lechuga morada

La lechuga morada (Lactuca sativa L.) se caracteriza por sus hojas de color púrpura o rojo oscuro, que crecen en forma de roseta. Esta pigmentación se debe a la presencia de antocianinas, antioxidantes beneficiosos para la salud. Las hojas pueden ser rizadas o lisas, y presentan una textura crujiente con un sabor ligeramente dulce. Es una planta anual que se adapta a climas templados y requiere suelos bien drenados y ricos en nutrientes para un óptimo desarrollo. Además, es una excelente fuente de vitaminas A y K, esenciales para el sistema inmunológico y la coagulación sanguínea (Huerto en casa, s.f.).

Lechuga crespa

La lechuga crespa (*Lactuca sativa* var. crispa) se distingue por sus hojas rizadas y textura crujiente. Estas hojas, de color verde claro, aportan volumen y frescura a las ensaladas. La planta es vigorosa, con un gran número de hojas firmes y bien rizadas. Además, presenta buena tolerancia al calor y al espigado, lo que la hace apta para el cultivo durante todo el año (Rioplant, s. f.).

Lechuga seda

La lechuga variedad Seda (*Lactuca sativa*), también conocida como "White Boston", es una variedad de tipo "mantecosa" que forma cabezas de tamaño mediano a grande, con hojas de color verde claro, lisas y de bordes rectos. Su corazón es compacto, de tonalidad amarillenta, y presenta una textura suave y mantecosa. Esta variedad es apreciada por su sabor delicado y su textura tierna, lo que la convierte en una opción popular para ensaladas frescas (Vende Plantas, s. f.)

2.2.2. Acuicultura

La acuicultura, engloba un conjunto de técnicas y conocimientos para la cría de especies acuáticas. Es una actividad de gran relevancia económica, especialmente en la producción de alimentos. La acuicultura continental utiliza una variedad de métodos e instalaciones de cultivo, y las prácticas y el funcionamiento de estos varían considerablemente en relación con la intensidad de los insumos utilizados (Mendoza, 2016).

A nivel global, el cultivo de peces de aleta y otras especies en estanques artificiales es, con diferencia, el método de cultivo más utilizado. Aunque en menor medida, el cultivo en jaulas o estanques también se emplea ampliamente en la acuicultura continental, pero su importancia relativa varía significativamente entre diferentes países (Mendoza, 2016).

La acuicultura en Perú enfrenta varios desafíos para su crecimiento y expansión, entre los cuales se incluyen la necesidad de avances tecnológicos, la generación de servicios y la gestión de insumos. Las condiciones climáticas del país son favorables y existe una gran capacidad

de adaptación a eventos climáticos. Perú es un actor relevante en la pesca mundial, y en 2014, según la FAO, la producción total de pesca y acuicultura alcanzó alrededor de 3,7 millones de toneladas (Mendoza, 2016).

2.2.3. Acuaponía

La acuaponía es un sistema que combina la hidroponía y la acuicultura, aprovechando los desechos de los peces como fertilizante para las plantas. Este sistema es ecológico, ya que optimiza el uso del agua sin desperdiciarla. Fue diseñado con el objetivo de ahorrar agua mediante un proceso circular: las aguas con los excrementos de los peces se utilizan para nutrir las plantas, y estas, a su vez, devuelven el agua al estanque. Este tipo de sistema es especialmente útil en áreas con suelos degradados y representa una alternativa para obtener productos saludables (Bioaquafloc, 2022).

Ciclo de nitrificación

El nitrógeno es un nutriente vital para los organismos vivos, pero su forma química puede resultar perjudicial para ellos. La presencia de compuestos nitrogenados es especialmente relevante en la acuicultura intensiva debido a la toxicidad del amoniaco. El NH_3 es un subproducto del catabolismo proteico, el cual los peces expulsan a través de sus branquias por difusión. La nitrificación es el proceso biológico en el que el amonio se oxida a nitrato por medio de microorganismos aerobios que utilizan el oxígeno molecular (O_2) como aceptor de electrones, es decir, como agente oxidante. Este proceso consta de dos etapas distintas, realizadas por diferentes organismos, que ocurren de forma secuencial (Casas, 2008).

- Nitrosación. Partiendo de amonio se obtiene nitrito (NO_2 –). Lo realizan bacterias de, entre otros, los géneros Nitrosomonas.
- Nitratación. Partiendo de nitrito se produce nitrato (NO_3–). Lo realizan bacterias del género Nitrobacter (Casas, 2008).

Contenido nutricional de los efluentes orgánicos producto del sistema acuapónico hacia ciertos cultivos

En sistemas acuapónicos, es posible producir jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) (Graber y Junge, 2009; Salam et al., 2014), berenjena (*Solanum melongena* L.) y pepino (*Cucumis sativus* L.) (Graber y Junge, 2009). El efluente contiene concentraciones de NO_3 y fósforo (P), lo que favorece la producción de lechuga (*Lactuca sativa*) (Blidariu et al., 2013a; Blidariu et al., 2013b), espinaca de agua (*Ipomoea aquatica*) (Enduta et al., 2011; Salam et al., 2014), hierbabuena (*Mentha spicata* L.), albahaca (*Ocimum basilicum* L.) y menta (*Mentha piperita* L.) (Espinosa Moya et al., 2014), así como taro (*Colocasia esculenta* L.) (Salam et al., 2014).

En los sistemas acuapónicos, la concentración de nutrientes en el agua es fundamental para el crecimiento óptimo de las plantas. Sin embargo, alcanzar las concentraciones ideales presentes en soluciones hidropónicas estándar puede ser un desafío debido a factores como la acumulación de sales y toxinas, y la precipitación de ciertos nutrientes. Por ejemplo, en hidroponía, se recomienda una concentración de nitrógeno superior a 165 mg/L, fósforo por encima de 50 mg/L y potasio superior a 210 mg/L. En contraste, en sistemas acuapónicos, las concentraciones suelen ser menores; un estudio reportó 147 mg/L de nitrógeno, 5,1 mg/L de fósforo y 84 mg/L de potasio (FarmHub, 2019).

La calidad del agua en acuaponía depende de parámetros como temperatura, oxígeno disuelto, pH, compuestos nitrogenados y alcalinidad, los cuales influyen directamente en peces, plantas y bacterias. Mantener estos parámetros dentro de rangos óptimos es esencial para el equilibrio del sistema (ProAin, 2019).

La eficiencia de producción de hortalizas en sistemas acuapónicos ha sido objeto de diversos estudios que destacan su potencial productivo y sostenibilidad. Por ejemplo, especialistas del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) en Argentina evaluaron la producción de lechuga, rúcula y tomate cherry en un sistema acuapónico, obteniendo

resultados significativos. La lechuga, sembrada con una densidad de 25 plantas por metro cuadrado, alcanzó un peso promedio de 280 gramos por planta en 65 días, resultando en un rendimiento de 7 kilogramos por metro cuadrado. La rúcula, sembrada al voleo sobre cama de sustrato, se cosechó a los 45 días, logrando un rendimiento de 8 paquetes por metro cuadrado, duplicando los rendimientos obtenidos en sistemas tradicionales. En el caso del tomate cherry, con una densidad de 3 plantas por metro cuadrado, se obtuvo un rendimiento por planta de 2,74 kilogramos, alcanzando un total de 8,22 kilogramos por metro cuadrado (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2024). Estos resultados evidencian que la acuaponía permite obtener rendimientos comparables o superiores a los métodos convencionales, con la ventaja adicional de optimizar el uso del agua y reducir la necesidad de insumos químicos. Además, la acuaponía es una alternativa productiva que puede realizarse tanto en tierras no cultivables como en espacios urbanos y reducidos, ofreciendo una solución sostenible para la producción de alimentos en diversos entornos (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2024).

Eficiencia de producción de hortalizas en un sistema acuapónico en comparación con un sistema hidropónico

La eficiencia de producción de hortalizas en sistemas acuapónicos comparada con sistemas hidropónicos ha sido objeto de diversos estudios. Por ejemplo, una investigación realizada en el Instituto de Educación Superior Tecnológico Público Huando, evaluó el rendimiento de lechuga en ambos sistemas. Los resultados indicaron que el sistema acuapónico presentó un rendimiento promedio de 2,5 kg/m², mientras que el sistema hidropónico tipo NFT alcanzó 3,0 kg/m². Esto sugiere que, en este caso específico, la hidroponía superó en rendimiento a la acuaponía. (Instituto de Educación Superior Tecnológico Público Huando, s.f.).

Sin embargo, es importante destacar que la eficiencia relativa entre ambos sistemas puede variar según factores como el tipo de cultivo, las condiciones ambientales y el manejo del sistema. Por ejemplo, otro estudio comparativo sobre la producción de albahaca en sistemas hidropónicos y acuapónicos encontró que, aunque inicialmente las plantas en hidroponía mostraron mayor crecimiento, las plantas en acuaponía mejoraron su rendimiento a medida que aumentaba la biomasa de los organismos acuáticos asociados, alcanzando resultados comparables (Pérez et al., 2012).

En términos de uso eficiente del agua, la acuaponía ofrece ventajas significativas. Un estudio comparativo sobre la huella hídrica en la producción de lechuga mostró que el sistema acuapónico utiliza menos agua en comparación con otros métodos de cultivo, lo que lo convierte en una opción más sostenible en regiones con recursos hídricos limitados. (López & Hernández, 2023)

2.3. Definiciones conceptuales

Sistema acuapónico: La acuaponía o agricultura acuapónica es un sistema de producción sostenible de plantas y peces que integra la acuicultura tradicional, que incluye la cría de animales acuáticos como peces, cangrejos de río y camarones, con la hidroponía, que es el cultivo de plantas en agua, creando un ambiente simbiótico. En la acuicultura, los desechos de los animales cultivados pueden acumularse en el agua, lo que incrementa su toxicidad. En cambio, en un sistema acuapónico, el agua proveniente de la acuicultura, que actúa como un subsistema, alimenta al sistema hidropónico, donde los desechos son descompuestos en nitritos y luego en nitratos por las bacterias de nitrificación (Fernandez, 2012).

Recirculación de agua: Los sistemas acuapónicos recirculan y reutilizan el agua de manera eficiente, por lo que también se conocen como sistemas de recirculación acuícola. Este enfoque permite un uso más sostenible del agua, optimizando su aprovechamiento y convirtiendo al sistema

en una opción altamente respetuosa con el medio ambiente. Además, facilita el uso de espacios pequeños para lograr producciones elevadas (Fernandez, 2012).

Lechuga: La lechuga, cuyo nombre científico es *Lactuca sativa*, es una planta herbácea de la familia Asteraceae, muy cultivada y consumida globalmente. Su nombre proviene del latín, donde "lac-tis" significa "líquido lechoso", debido a la savia que libera al ser cortada. Esta planta es anual y se distingue por sus hojas grandes, blandas y de raíz, que pueden variar en forma y textura, siendo comúnmente empleada en ensaladas y otros platillos. La lechuga se desarrolla mejor en climas templados y requiere suelos con buen drenaje. Es sensible a temperaturas extremas, tolerando hasta los 30°C, pero sufriendo con temperaturas inferiores a -6°C. La humedad ideal para su crecimiento está entre el 60% y el 80%, y es fundamental evitar la sequía durante su cultivo. Aunque tiene un bajo valor calórico (aproximadamente 17 kcal por 100 gramos) y un alto contenido de agua (90-95%), no es tan rica en nutrientes como otras verduras, pero sí contiene antioxidantes como las vitaminas A, C y E, así como minerales como fósforo, calcio he hierro. Además, posee propiedades diuréticas y relajantes debido a la lactucina, un compuesto activo presente en sus hojas (Infoalimenta, S.f.).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

En la presente investigación se aplicó los métodos cuantitativos, descripciones estadísticas, análisis de datos y razonamiento inductivo.

3.2. Tipo y nivel de investigación

El trabajo de tesis fue de tipo experimental y aplicado, en vista que se realizó el estudio del comportamiento productivo de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en un sistema acuapónico en el distrito de Yarinacocha.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población estuvo compuesta por 288 plantas, en las 9 unidades experimentales, de los cuales, cada unidad experimental estuvo compuesta por 32 plantas.

3.3.2. Muestra

La muestra estuvo compuesta por 20 plantas (parcela neta), las cuales fueron las plantas evaluadas.

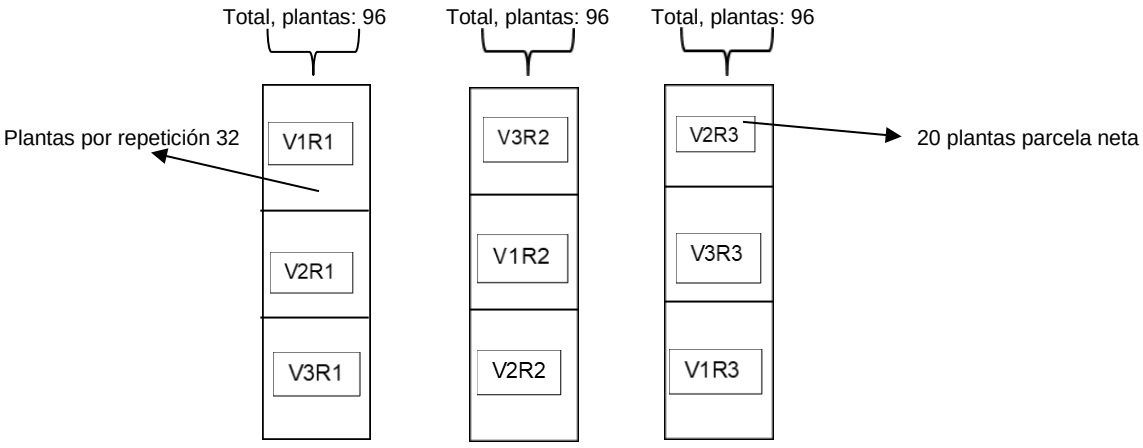


Figura 1. Croquis del proyecto.

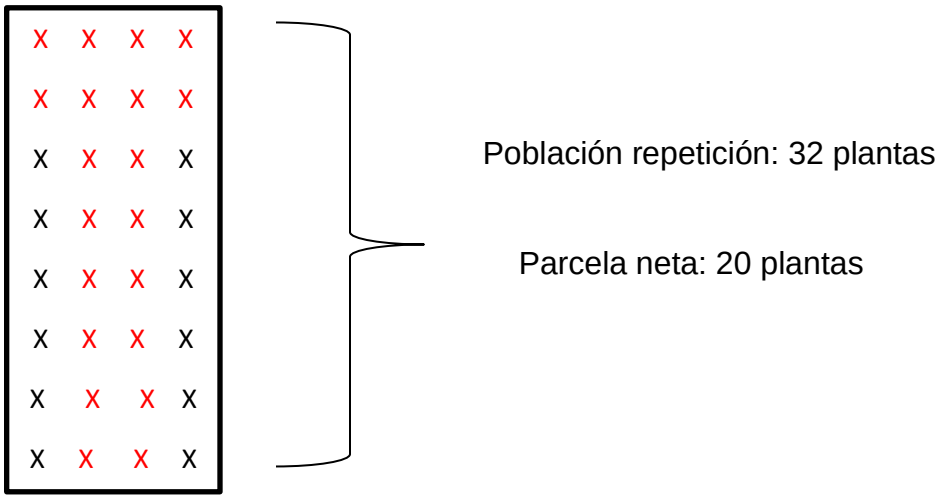


Figura 2. Croquis de la unidad experimental.

3.4. Componentes de estudio

Las variedades de lechuga (Seda, Crespa y Morada), comportamiento productivo de las variedades de lechuga.

3.5. Tratamientos de estudio

Los tratamientos estudiados fueron los siguientes:

Tabla 1. Tratamientos.

Tratamientos	Código	Descripción	Repeticiones
T1	VarS	Variedad Seda	3
T2	VarC	Variedad Crespa	3
T3	VarM	Cariedad Morada	3

3.6. Diseño experimental

Se utilizó el Diseño Completo al Azar, con tres tratamientos y tres repeticiones, haciendo un total de 9 unidades experimentales, con 20 plantas evaluadas por cada unidad experimental.

Se aplicó la prueba de promedios de Duncan con un alfa = 0,05, cuando se observaron diferencias estadísticas.

$$Yi = \mu + Ti + Ei$$

Dónde:

Yi = Observaciones (variable dependiente)

μ= Efecto de la media general.

Ti = Efecto de las variedades de lechuga

Ei = Error experimental.

Tabla 2. Análisis de varianza (ANVA).

Fuente de variabilidad	Grados de libertad
Tratamiento	3 – 1 = 2
Error	6
Total	9 – 1 = 8

3.7. Ejecución del experimento

3.7.1. Ubicación y duración del estudio

El trabajo de investigación se realizó en la infraestructura del sistema acuapónico, ubicado en las instalaciones del Instituto Superior Pedagógico Público Bilingüe, perteneciente al distrito de Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo, Región de Ucayali, en las siguientes coordenadas:

- Latitud sur: 8°20´54”
- Longitud oeste: 74°34´18”
- Altitud: 155 m.s.n.m.

El proyecto de investigación tuvo una duración de 2 meses, iniciando en el mes de setiembre del 2024 y finalizo en el mes de octubre del 2024.

3.7.2. Condiciones ambientales

La temperatura promedio mensual es de 25,7°C. En la provincia de Coronel de Portillo, la distribución de las lluvias es estacional, observándose una estaciones lluviosas (enero a abril), una seca (mayo a agosto) y otra semiseca (octubre, noviembre y parte de diciembre). Entre los meses de agosto a octubre, se observa mayor evaporación, debido a la presencia de cielos despejados en estos meses. Pucallpa presenta 1 817,8 horas de sol anual; siendo los meses de los meses de febrero y marzo, con menor horas de sol, con 109,2 y 117,4 horas respectivamente, siendo los meses de julio, agosto y septiembre, los que muestran mayores horas de sol, con 200,9, 183,1 y 171,3 horas respectivamente. Pucallpa muestra vientos con baja velocidad en las diferentes épocas del año, siendo la más alta, de 2,2 m/seg, en el mes de Octubre (Municipalidad Provincial de Coronel Portillo, 2017).

En cuanto los aspectos ambientales internas de las unidades experimentales, cuando se realizó el proceso de trasplante, se optó por colocar malla Raschel, ya que estábamos en una temporada de clima inestable y mayormente hubo presencia de fuertes rayos solares a tempranas horas de la mañana hasta la tarde. Las plántulas de lechugas al ser trasplantadas y durante el proceso de adaptación al sistema acuapónico, el efecto de los rayos solares, pudo generar mortandad considerable en las plántulas de las variedades de lechuga.

El uso de la malla raschel fue temporal hasta que las plantas de lechuga obtengan un tamaño adecuado y estuvieran adaptados al sistema acuapónico.

La temperatura en los meses de la ejecucion de la tesis en campo, fue muy inestable, mayormente hubo presencia de sol que llegaban hasta grados elevados de calor, y cuando hubo cambios repentinos de la temperatura, se observo que hubo presencia de lluvias acompañada de vientos fuertes, por

esos factores de clima también se estuvo muy al pendiente de las plántulas en las camas acuapónicas.

3.7.3. Proceso experimental

Materiales

- Material genético de estudio
  - Semillas de lechuga de las 3 variedades

- Material y equipo de campo.
  - Abono foliar
  - Efluente de residuos biológicos
  - Tierra negra
  - Herramientas
  - Baldes
  - Frasco de vidrio
  - Gravas
  - Pala de jardinería
  - Regla graduada
  - Tijera
  - Tubetes
  - Wincha
  - Insumo
- Equipos
  - Balanza de 5 kg
  - Mochila aspersora
- Material de gabinete
  - Papel Bon A-4
  - Lapiceros
  - Libreta de campo

- Cámara digital
- Tablero de apuntes

Procedimientos

Preparación del sustrato para el llenado de tubetes

- Esta actividad dió inicio a la ejecución de la investigación.
- Se preparó un sustrato a base de tierra negra mas cal agrícola.
- Se mezcló homogéneamente y se procedió a llenar en los tubetes con el sustrato preparado.

Siembra de semilla de lechuga en los tubetes

- Se procedió a siembrar las semillas de las 3 variedades de lechuga en los tubetes.
- Se separó por variedades para tener un mejor control al momento de la germinación las semillas.
- Se manejaron las plántulas de lechuga, por un periodo de 7 a 14 días desde la germinación hasta la formación de las primeras hojas y el sistema radicular, en ese lapso se realizó el riego continuo para un crecimiento y desarrollo apropiado.

Características de las camas acuapónicas y estanques

- El sistema acuapónico en el cual se realizó la investigación, contó con 9 camas acuapónicas, de los cuales, las primeras 3 camas fueron utilizadas para la ejecución de la investigación, en las cuales fueron trasplantadas las plántulas de lechuga.
- Todas las camas tuvieron las dimensiones siguientes: 1.20 m de ancho y 7 m de largo, constituidos de concreto. Las camas acuapónicas, contenían gravas como sustrato.
- El sistema acuapónico estuvo fertilizado por 5 tanques de concreto donde se realizó la crianza de diferentes especies de peces amazónicos, como:

Paco (*Piaractus brachypomus*), Pacotana (*Piaractus brachypomus* X *Colossoma macropomun*), Boquichico (*Prochilodus nigricans*) y sardina (*Triportheus elongates*). Los efluentes, provenientes de los tanques de crianza de peces, fueron conducidos a las camas acuapónicas a través de tubos de 1 pulgada y boquillas, impulsada por una bomba periférica de 2 HP, el cual estuvo controlada por un Timer, programado para encenderse por 20 minutos y apagarse por 40 minutos de manera continua, las 24 horas del día.

- Se realizó el análisis químico de los efluentes para determinar la composición físicoquímica y determinar los nutrientes que están fertilizando las camas acuapónicas y a las plantas, los cuales se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 3. Análisis de aguas de riego del sistema acuapónico.

Ensayo	**Unidad**	**LC**	**Resultados**
pH	Und. pH	0,1	7,80
Conductividad electrica	uS/cm	0,1	625,00
Nitrato (NO_3)	mg/l		0.2
Amonio (NH_4)	mg/l		0.25
Calcio	mg/l	-	28,32
Magnesio	mg/l	-	5,02
Sodio	mg/l	-	5,87
Potasio	mg/l	-	8,05
Hierro	mg/l	-	<0,1
Manganeso	mg/l	-	<0,1
Cobre	mg/l	-	<0,1
Zinc	mg/l	-	1,85

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas – INIA – Km 44.

Transplante

- El transplante se realizó cuando las plántulas de las variedades de lechuga contaron con sus primeras hojas verdaderas.

- Se transplantaron las plántulas de las variedades de lechuga, acuerdo al croquis establecido.

Aplicación de abono foliar

La aplicación de abono foliar se realizó cada 15 días, con ayuda de un aspersor de mano, se aplicó un abono foliar con una fórmula 20 – 20 – 20, para reforzar el desarrollo de las plantas de las variedades de lechuga.

Cosecha

De acuerdo al ciclo vegetativo de la lechuga, de 30 a 45 días se dió la formación de hojas verdaderas hasta la cosecha, recalcando que se trabajó con 3 variedades diferentes, pudiendo observarse pequeñas diferencias en cuanto a los días de cosecha entre las variedades, o diferencias en sus características o en el tamaño.

Evaluaciones

- Esta actividad se realizó desde el momento del trasplante, hasta la etapa final de la cosecha.
- De acuerdo con el croquis, se evaluaron 20 plantas de cada unidad experimental.
- En total por las 3 camas se evaluaron 180 plantas en general.
- Se evaluó, la altura de planta y número de hojas.
- A la cosecha, se evaluó la longitud de raíz, el peso por planta, y se calculó el rendimiento por hectárea

3.7.4. Variables evaluadas

Variables independientes

T1 = Variedad 1: Seda

T2 = Variedad 2: Crespa

T3 = Variedad 3: Morada

Variables dependientes

Desarrollo vegetativo

- Altura de planta
- Numero de hojas
- Longitud de raices a la cosecha

Rendimiento

- Peso por planta
- Rendimiento por hectárea

Operacionalización de variables

Altura de planta (cm)

Se evaluó utilizando una regla graduada, evaluándose 20 plantas de cada unidad experimental. Las evaluaciones se realizaron cada 15 días.

Número de hojas

Se evaluó contando el número de hojas, evaluándose 20 plantas de cada unidad experimental. Las evaluaciones se realizaron cada 15 días.

Longitud de raíces a la cosecha (cm)

Se procedió a medir las raíces de la planta, empleando una regla graduada, evaluándose 20 plantas de cada unidad experimental. Esta evaluación se realizó al momento de la cosecha.

Peso de planta (kg)

Se procedió a pesar la planta, empleando una balanza 5 kg, evaluándose 20 plantas de cada unidad experimental. Esta evaluación se realizó al momento de la cosecha.

Rendimiento por hectárea (kg/ha)

Se calculó el rendimiento por hectarea, teniendo en cuenta el peso de plantas mutiplicado por el numero de plantas por hectarea, teniendo en cuenta

que se hizo la operalizacion en base al distanciamiento que se trabajo en esta tesis que el 30 x 30.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Altura de planta

La tabla 4 muestra los resultados del análisis de promedios de Duncan, para la altura de planta de las variedades de lechuga cultivados en un sistema acuapónico, en diferentes evaluaciones del proceso de desarrollo.

Tabla 4. Altura de planta de las variedades de lechugas cultivados en un sistema acuapónico.

Tratamiento	Descripción	Altura de planta (cm)				
		Transplante	Eval 1	Eval 2	Eval 3	Eval 4
1	Variedad Seda	4,5 b	6,6 b	8,5 b	12,5 b	17,6 c
2	Variedad Crespa	4,3 c	8,7 a	11,03 a	15,6 a	22,3 b
3	Variedad Morada	4,7 a	8,2 a	11,56 a	15,9 a	24,1 a

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Duncan p≤ 0,05

La tabla 4 muestra que, al trasplante, la variedad morada presento la mejor altura, seguido de la variedad seda y finalmente la variedad crespa. En la primera, segunda y tercera evaluación, las variedades crespa y morada mostraron los mejores promedios de altura de planta seguido de la variedad seda. En la cuarta evaluación, la variedad morada logró el mejor promedio de altura de plantas, seguido de la variedad crespa y finalmente la variedad seda, la cual mostró el menor promedio de altura de planta, como se muestra en la siguiente figura.

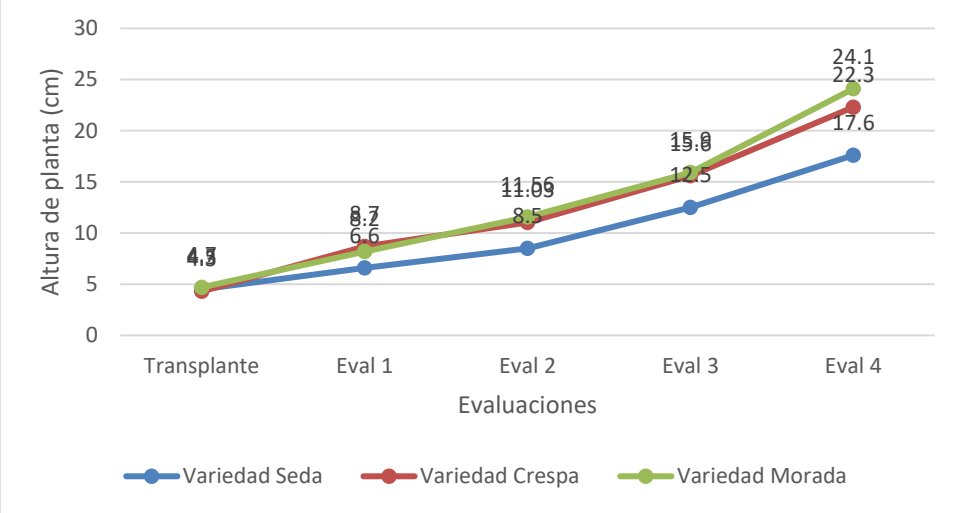


Figura 3. Altura de planta de las variedades de lechugas cultivados en un sistema acuapónico.

4.2. Número de hojas por planta

La tabla 5 muestra los resultados del análisis de promedios de Duncan, para el número de hojas por planta de las variedades de lechuga cultivados en un sistema acuapónico, en diferentes evaluaciones del proceso de desarrollo.

Tabla 5. Numero de hojas por planta de las variedades de lechugas cultivados en un sistema acuapónico.

		Número de hojas por planta				
Tratamiento	Descripción	Transplante	Eval 1	Eval 2	Eval 3	Eval 4
1	Variedad Seda	4,03 a	7,6 a	8,6 a	14 a	23,6 a
2	Variedad Crespa	3,8 a	3,6 c	5,3 b	5,6 c	7,3 b
3	Variedad Morada	3,9 a	5,3 b	6,3 b	7,3 b	8,3 b

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Duncan p≤ 0,05

La tabla 5 muestra que, al trasplante, no se mostraron diferencias significativas entre las variedades de lechuga cultivadas en el sistema acuapónico. En la primera evaluación, la variedad seda mostro el mejor

promedio de numero de hojas por planta, seguido de la variedad morada y finalmente la variedad crespa. En la segunda evaluación, la variedad seda logro el mejor promedio de numerod e hojas por planta seguido de las variedades morada y crespa, las cuales no mostraron diferencias entre ellas. En la tercera evaluación, la variedad seda mostro el mejor promedio de numero de hojas por planta, seguido de la variedad morada y finalmente la variedad crespa. En la cuarta evaluación, la variedad seda logro el mejor promedio de numerod e hojas por planta seguido de las variedades morada y crespa, las cuales no mostraron diferencias entre ellas, como se muestra en la siguiente figura.

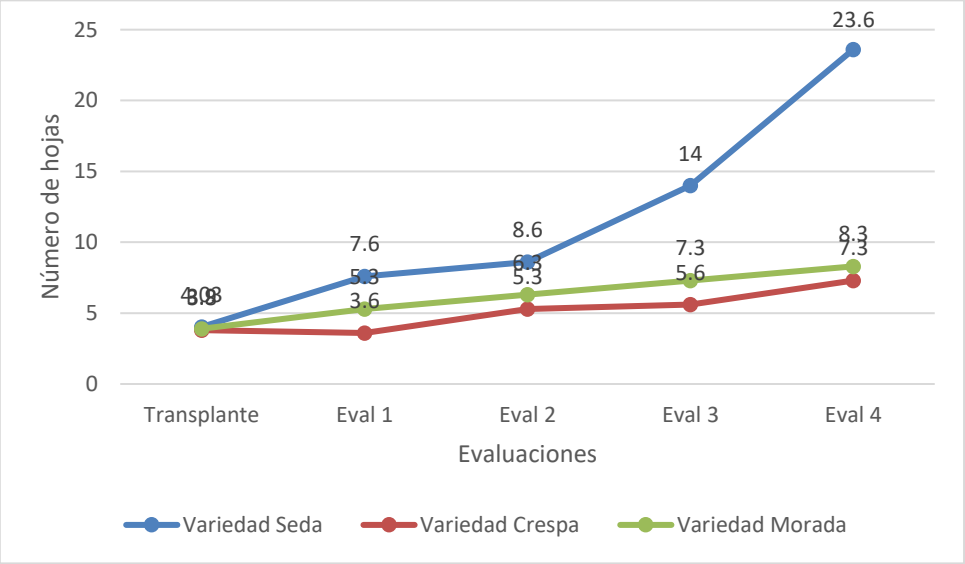


Figura 4. Numero de hojas de las variedades de lechugas cultivados en un sistema acuapónico.

4.3. Logitud de raíces a la cosecha

La tabla 6 muestra los resultados del análisis de promedios de Duncan, para la longitud de raíces a la cosecha de las variedades de lechuga cultivados en un sistema acuapónico.

Tabla 6. Longitud de raíces a la cosecha de las variedades de lechugas cultivados en un sistema acuapónico.

Tratamiento	Descripción	Longitud de raices a la cosecha (cm)
1	Variedad Seda	8,5 b
2	Variedad Crespa	9,4 b
3	Variedad Morada	11,2 a

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Duncan p≤ 0,05

La tabla 6 muestra que, a la cosecha, las plantas de lechuga correspondiente a la variedad morada, mostro la mayor longitud de raíces, superando a las variedades crespa y morada, las cuales no mostraron diferencias significativas entre ellas, como se muestra en la siguiente figura.

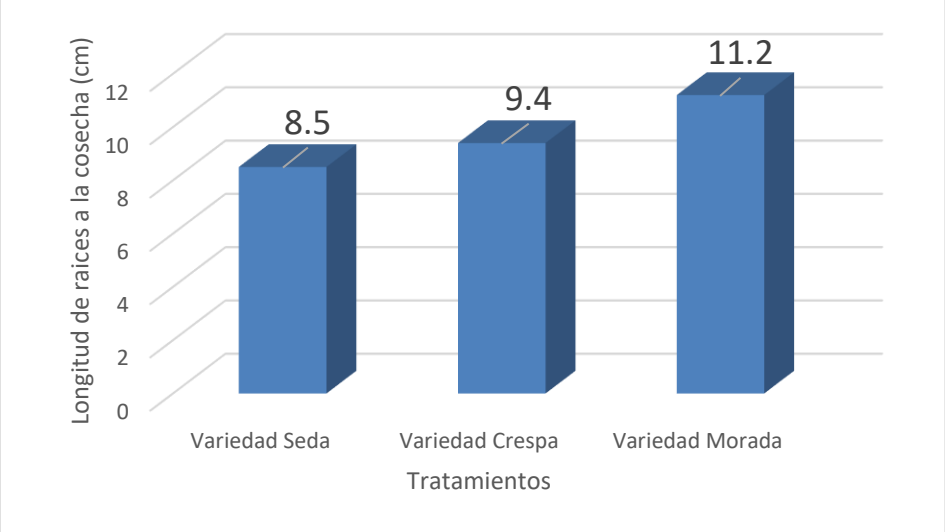


Figura 5. Longitud de raíces a la cosecha de las variedades de lechugas cultivados en un sistema acuapónico.

4.4. Peso por planta

La tabla 7 muestra los resultados del análisis de promedios de Duncan, para el peso por planta de las variedades de lechuga cultivados en un sistema acuapónico.

Tabla 7. Peso por planta de las variedades de lechugas cultivados en un sistema acuapónico.

Tratamiento	Descripción	Peso por planta (g)
1	Variedad Seda	60,13 a
2	Variedad Crespa	10,16 c
3	Variedad Morada	28,86 b

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Duncan p≤ 0,05

La tabla 7 muestra que, a la cosecha, las plantas de lechuga correspondiente a la variedad seda, mostro el mayor peso por planta, mostrando diferencias significativas con respecto a la variedad morada, la misma que mostro diferencias significativas con respecto a la variedad crespa, la cual logro el menor peso por planta, como se muestra en la siguiente figura.

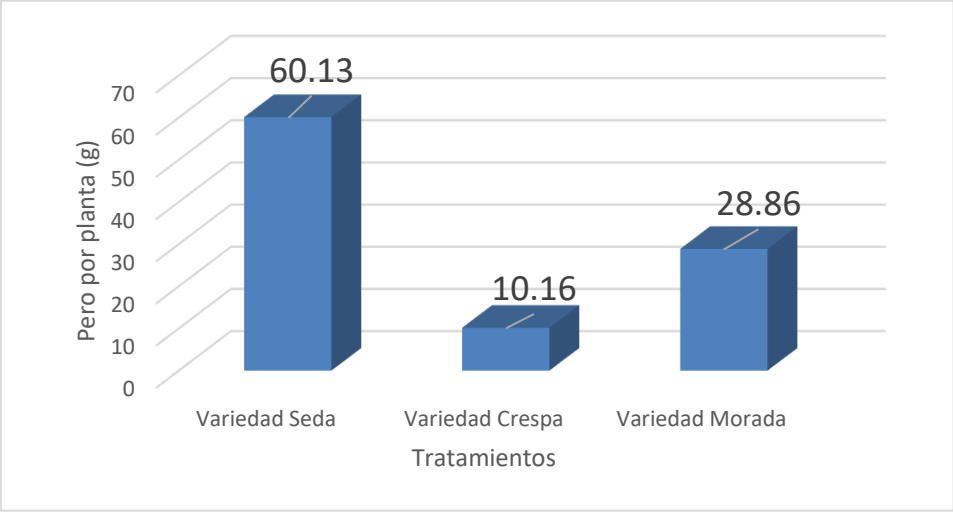


Figura 6. Peso por planta de las variedades de lechugas cultivados en un sistema acuapónico.

4.5. Rendimiento por hectárea

La tabla 8 muestra los resultados del análisis de promedios de Duncan, para el rendimiento por hectárea de las variedades de lechuga cultivados en un sistema acuapónico.

Tabla 8. Rendimiento por hectárea de las variedades de lechugas cultivados en un sistema acuapónico.

Tratamiento	Descripción	Rendimiento por ha (kg/ha)
1	Variedad Seda	6409,2 a
2	Variedad Crespa	1229,6 c
3	Variedad Morada	2449,9 b

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Duncan p≤ 0,05

La tabla 8 muestra que, a la cosecha, las plantas de lechuga correspondiente a la variedad seda, mostro el mayor rendimiento por hectárea, mostrando diferencias significativas con respecto a la variedad morada, la misma que mostro diferencias significativas con respecto a la variedad crespa, la cual logro el menor rendimiento por hectárea, como se muestra en la siguiente figura.

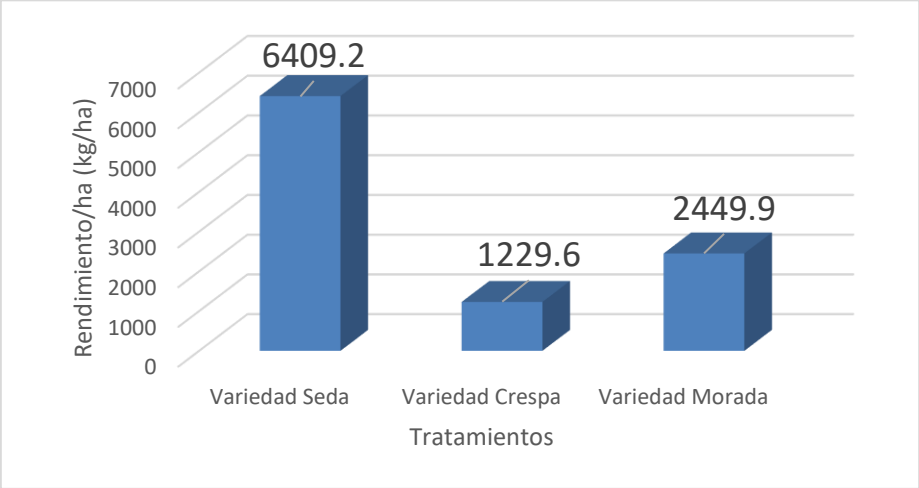


Figura 7. Rendimiento por hectárea de las variedades de lechugas cultivadas en un sistema acuapónico.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Leiva et al. (2018) evaluaron el comportamiento de 11 variedades de lechuga con potencial para su producción en el sistema NFT, observándose en los resultados que, todas las variedades presentaron diferencias significativas en su rendimiento, destacándose la variedad Curly Green, que obtuvo un peso fresco promedio de 203,36 g y un promedio de 42 hojas por planta. En comparación, la variedad Bohemia alcanzó un peso de 115,45 g por planta, pero presentó un mayor porcentaje de materia seca (26%), los cuales superan a los resultados obtenidos de peso fresco en las tres variedades de lechuga estudiados, posiblemente, debido al bajo contenido de nutrientes que otorgan los efluentes generados en los tanques de crianza de peces.

Morocho (2020) evaluó el comportamiento morfofisiológico y productivo de las variedades de lechuga Cherokee Rz (81-36) y Starfighter Rz (81-85) en los sistemas hidropónico NFT y convencional a campo, demostrándose en los resultados, un mejor rendimiento de la variedad Starfighter en ambos sistemas, destacándose en el sistema hidropónico, donde se cosechó a los 35 días después del trasplante, alcanzando 17 hojas por planta, 225,6 cm² de área foliar y un rendimiento agrícola de 21 553,3 kg/ha, siendo ambos sistemas, aceptados, siendo el hidropónico el que mostró mayores beneficios económicos, siendo el rendimiento por hectárea obtenido en esta investigación, muy superior a los obtenidos en las variedades de lechuga en sistema acuapónico, debido al bajo contenido de nutrientes que otorgan los efluentes generados en los tanques de crianza de peces.

Gavidia (2017) evaluó el impacto de la solución nutritiva La Molina en el rendimiento de dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) utilizando el sistema NFT (Nutrient Film Technique) en la Unidad de Hidroponía Nuevas Flores Culquish, ubicada en el Distrito de Jacas Grande, Provincia de Huamalíes. Los resultados mostraron que la variedad Duett superó a la variedad Bohemia en todas las

variables de rendimiento evaluadas durante las dos campañas, ya que, el número promedio de hojas por planta fue de 27,65 para la variedad Duett frente a 21,88 para la variedad Bohemia, siendo estos resultados coincidentes en el rango de numero de hojas obtenidos en la variedad seda bajo condiciones de sistema acuapónico en Yarinacocha.

Maldonado (2023) evaluó el impacto de la aplicación de humus líquido de lombriz en el crecimiento y rendimiento de cuatro variedades de lechuga cultivadas en solución nutritiva de Hoagland y Arnon, siendo las variedades evaluadas, Seda, White Boston, Crespa y Morada. Los resultados mostraron que la aplicación de humus líquido de lombriz en la solución nutritiva favoreció el mayor crecimiento de las variedades Crespa, Seda y White Boston, con promedios de altura de cabeza de 27,2, 27,1 y 27,0 cm, respectivamente. En cuanto a la longitud de las hojas, las variedades White Boston, Crespa y Seda destacaron con 19,6, 19,5 y 19,1 cm, respectivamente. Para el diámetro de la cabeza, las variedades Crespa, Seda y White Boston alcanzaron 23,9, 23,3 y 23,3 cm. En cuanto al número de hojas por planta, las variedades Seda, Crespa y White Boston sobresalieron con 40,3, 40,3 y 39,8 hojas, respectivamente. Finalmente, el peso fresco de la cabeza fue mayor en las variedades Seda, White Boston y Crespa, con pesos promedios de 97,2, 96,6 y 99,0 g, frente a la variedad Morada, que obtuvo un peso fresco de 39,7 g, siendo estos resultados superiores a los obtenidos en la presente investigación de tal manera que la variedad Seda en solución nutritiva de Hoagland y Arnon, alcanzo un peso fresco por planta de 97,2 g en comparación al peso de la variedad Seda cultivada en el sistema acuapónico, el cual logro un peso fresco por planta de 60,13 g, debido a que, la solución nutritiva de Hoagland y Arnon presenta todos los nutrientes requeridos para un optimo desarrollo de plantas, en comparación al bajo contenido de nutrientes que otorgan los efluentes generados en los tanques de crianza de peces.

García (2017) evaluó el rendimiento productivo y económico de un sistema acuapónico semi-intensivo de Tilapia (*Oreochromis niloticus*), Lechuga (*Lactuca sativa*) y Pepino (*Cucumis sativus*) con recirculación continua, en comparación con

un sistema hidropónico de lechuga y pepino. Los resultados mostraron que en el sistema acuapónico se obtuvo una producción de 21,33 kg/m³ de peces, 8,7 piezas de lechuga/m² y 0,01 kg/m² de pepino. En el sistema hidropónico, la producción fue de 9,4 piezas de lechuga/m² y 1,10 kg/m² de pepino, demostrándose que, en un sistema acuapónico, sumado a la producción de hortalizas, se adiciona la producción de peces, lo cual, mejora capacidad productiva y la ganancia económica del sistema acuapónico.

En cuanto al rendimiento, Pinchi (2018) evaluó cinco cultivares de lechuga roja en Huaral, encontrando que 'Mervelle' obtuvo el mayor rendimiento con 18,57 t/ha, seguido de 'Bresson' con 13,56 t/ha, 'Sani red' con 13,01 t/ha y 'Lollo rosa' con 10,28 t/ha, Maita (2018), en Uchumayo, Arequipa, evaluó la variedad 'Waldman' bajo diferentes soluciones nutritivas, reportando un rendimiento de 11,89 g/planta, siendo esto resultados superiores a los rendimientos de lechuga obtenidos en el sistema acuapónico, debido al bajo contenido de nutrientes que otorgan los efluentes generados en los tanques de crianza de peces

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

- La lechuga variedad Seda, mostró menor altura de planta, mayor número de hojas por planta, menor número de raíces a la cosecha, mayor peso por planta y mayor rendimiento por hectárea.
- La lechuga variedad Crespa logro menor altura de planta, menor número de hojas por planta, menor longitud de raíces a la cosecha, menor peso por planta y menor rendimiento por hectárea.
- La lechuga variedad Morada, obtuvo mayor altura de planta, menor número de hojas por planta, mayor longitud de raíces a la cosecha, menor peso por planta y menor rendimiento por hectárea, por consiguiente, se demuestra diferencias estadísticas significativas en el comportamiento productivo de las tres variedades de lechuga, aceptándose la hipótesis alternante.

CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES

- Efectuar el cultivo de la lechuga variedad seda por tener mejor comportamiento productivo bajo condiciones de cultivo acuapónico en Yarinacocha.
- Realizar estudios sobre el comportamiento productivo de las variedades de lechuga con diferentes densidades de siembra, bajo condiciones de cultivo acuapónico.
- Llevar a cabo estudios respecto al comportamiento productivo de las variedades de lechuga con diferentes tipos de abonos foliares orgánicos, bajo condiciones de cultivo acuapónico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agro Krebs, (2020). Etapas fenolóficas de la lechuga.

Baslam, M., Morales, F., Garmendia, I., & Goicoechea, N. (2013). Nutritional quality of outer and inner leaves of green and red pigmented lettuces (*Lactuca sativa* L.) consumed as salads. Scientia Horticulturae, 151, 103-111. https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2012.12.023.

BIOAQUAFLOC, (2022). "¿Que es la Acuoponia? Definición y antecedentes del sistema Acuapónico" (en línea) https://www.bioaquafloc.com/que- es-la-acuaponía/

Blidariu, F. C.; Drasovean, A. and Grozea, A. (2013)b. Evaluation of phosphorus level in green lettuce conventional grown under natural conditions and aquaponic system. Bulletin of the University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-napoca. Animal Sci. Biotechnol. 70:128-135{

Casas, D. (2008) Sistema de recirculación de agua para la cría intensiva de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

Cásseres, E. (1980). Producción de hortalizas. 3 ed. San Jose, C.R., IICA. 387 p.

CICESE, (2008). Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California CICESE. http://gaceta.cicese.mx Copacabana, Antioquia (Colombia) LECHUGA BLACK SIMPSON. Obtenido de: https://germisemillas.com/semillas/lechuga-black-simpson/.

Culcos G., Tucto C. (2018). Producción de *Oreochromis niloticus* variedad Chitralada (Tilapia gris) y *Lactuca sativa* (Lechuga) en un sistema acuapónico con diferentes densidades de peces. https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/3357/ BC-TES-TMP-2138.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Enduta, A.; Jusoh, A.; Ali, N. and Wan Nik, W. B. (2011). Nutrient removal from aquaculture wastewater by vegetable production in aquaponics recirculation system. Desalination and Water Treatment. 32:422-430.

Espinosa Moya. E. A., Angel Sahagún, C. A., Mendoza Carrillo, J. M., Albertos Alpuche, P. J., Álvarez González, C. A. and Martínez Yáñez, R. (2014). Herbaceous plants as part of biological filter for aquaponics system. Aquaculture Res. 1:1-11.

FarmHub. (2019). Suministro de nutrientes en acuapónica. Recuperado de https://learn.farmhub.ag/es/resources/aquateach/5-nutrient-water-balance/aqu-atteach-suministro-de-nutrientes-en-acuaponica/

Fernández Lozano, J. (2012). Secretaria de comercio interior Corporación del mercado central de Buenos Aires. Gerencia de Calidad y Tecnología. P. 11.pdf. “La producción de hortalizas en Argentina”. Disponible en: http://www.mercadocentral.gob.ar/ziptecnicas/la_produccion_de_hortalizas_en_argentina.pdf

García Parra, J. A. (2017). Evaluacion productiva y economica de un sistema acuapónico semi-intensivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*), lechuga (*Lactuca sativa*) y pepino (*Cucumis sativus*). Tesis para obtener el grade de Maestro en Ciencias Biológico Agropecuarias. Universidad Autonoma De Nayarit. Posgrado en Ciencias Biologico Agropecuarias. Disponible en: http://aramara.uan.mx:8080/bitstream/123456789/1352/1/2017%20Evaluacion%20productiva%20y%20economica%20de%20un%20sistema%20acuaponico%20semi-intensivo%20de%20tilapia%20%28Oreochromis%20niloticus%29%2c%20lechuga%20%28Lactuca%20sativa%29%20y%20pepino%20%28Cucumis%20sativus%29.pdf

García Castillo, G. A., Pérez Peñaloza, D.R. (2019). Sistema acuaponico como alternativa sustentable para la agricultura y la piscicultura actual. Universidad Peruana Unión. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Escuela

Profesional de Ingeniería Ambiental. https://repositorio.upeu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/d375ddf9-792f-4372-882e-b49adf023c16/content

Gavidia Falcón, L. (2017). Efecto de la solución nutritiva la Molina en el rendimiento de dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) con el sistema NFT (Nutrient Film Technique) en condiciones de hidroponía de nuevas flores Culquish-Huamalíes 2016. Tesis para optar el título de Magister en Agronomía Mención Sistemas Agropecuarios. Universidad Estatal Amazónica. Centro de Postgrados. Maestría en Agronomía Mención Sistemas Agropecuarios. Puyo, Ecuador.

Graber, A. and Junge, R. (2009). Aquaponic systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. Desalination. 246:147-156.

Huerto en casa. (s. f.). Lechuga morada: Beneficios, cultivo, recetas y más. Disponible en: https://huerto-en-casa.com/lechuga-morada/?utm_source=chatgpt.com

Infoalimenta. (s.f.). La lechuga. Disponible en: https://infoalimenta.com/biblioteca_de_alimen/lechuga-2/

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2024). Acuaponía: evalúan la producción de peces y hortalizas sin suelo. Recuperado de https://www.argentina.gob.ar/noticias/acuaponia-evaluan-la-produccion-de-peces-y-hortalizas-sin-suelo

Instituto de Educación Superior Tecnológico Público Huando. (s.f.). Comparativo de rendimiento de lechuga entre sistema acuapónico y sistema NFT en el IESTP Huando para mejorar la calidad de vida de las personas.

Leiva Espinoza, S. T., de Amazonas, T. R. D. M., Román Peña, A., de Amazonas, T. R. D. M., Vilca Valqui, N. C., de Amazonas, T. R. D. M., ... & de Amazonas, T. R. D. M. (2018). Comportamiento productivo de 11 variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en sistema hidropónico NFT recirculante (Chachapoyas–Amazonas).

Loor G., Mendoza R. (2019). Sistema acuapónico a escala piloto con chame (*Dormitator latifrons*) lechuga y (*Lactuca sativa*) para producción de alimentos, comunidad casas viejas, Cantón Bolívariedad.

López López, A., Hernández Suárez, C. M. (2023). Huella hídrica de la producción de lechuga en sistemas acuapónico y convencional en México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 15(3), e3304.

Maicua, L. (2021). Comparativo de producción del apio (*Apium graveolens*) cultivado en un sistema convencional y un sistema acuapónico en el distrito de Yarinacocha.

Maita, R. (2018). Evaluación de tres soluciones nutritivas en el cultivo de lechuga variedad Waldman en Uchumayo, Arequipa. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Recuperado de https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/8644/SOLE%202024.pdf

Maldonado Lino, S. M. (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 para optar el título de Ingeniero Agronomo. Universidad Nacional de Ucayali. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Disponible en: https://repositorio.unu.edu.pe/items/86d7c7a5-7bc4-4d52-9708-aa6250281d62

Mallar, A. (1978). La lechuga. 1 ed. Buenos Aires, Editorial Hemisferio Sur, S.A.1, 610 5, 10, 18-19 p.

Mazer, (2002). The Bretton Woods proposal: an indepth look. Political Science Quarterly, 42(6).

Mendoza Ramirez, D.; Berger Cebrelli, C.; Berger Cisneros, K. (2016). LA ACUICULTURA PERUANA – UNA MIRADA AL 2025 (en línea)

MINAGRI (Ministerio Agricultura y Riego) 2020. Series de Estadísticas de Producción Agrícola (SEPA) (en línea). Lima, Perú. Consultado 19 may. 2020. Disponible en http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/?mod=consulta_cult

Morocho Noboa, V. E. (2020). Evaluación de dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cherokee rz (81-36) y starfighter rz (81-85), cultivadas en sistema hidroponico: tecnica de pelicula nutritiva (nft) y sistema convencional en el Cipca, Provincia de Napo. Tesis para optar el título de Magister en Agronomía Mención Sistemas Agropecuarios. Universidad Estatal Amazónica. Centro de Postgrados. Maestría en Agronomía Mención Sistemas Agropecuarios. Puyo, Ecuador.

Pérez Urrestarazu, L., Salas, C., & Sánchez, A. (2012). Producción hidropónica y acuapónica de albahaca (*Ocimum basilicum*) en un sistema de recirculación con langostino malayo (*Macrobrachium rosenbergii*). Tropical and Subtropical Agroecosystems, 15(S2), S63-S71.

Pinchi, J. (2018). Evaluación de seis cultivares de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en el valle de Huaral. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Recuperado de https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/8644/SOLE%202024.pdf

ProAin. (2019). La calidad del agua en acuaponía. Recuperado de https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/la-calidad-del-agua-en-acuaponia/

Rakocy, J. E., Masser, M. P., & Losordo, T. M. (2006). Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics—Integrating fish and plant culture. Southern Regional Aquaculture Center.

Rioplant. (s. f.). Ficha técnica Lechuga Verde Crespa Cida. Disponible en: https://rioplant.com/lechuga-verde-crespa-cida/?utm_source=chatgpt.com

Salam, M. A., Jahan, N., Hashem, S. and Rana, K. M. S. (2014). Feasibility of tomato production in aquaponic system using different substrates. Progressive Agriculture. 25: 54-62.

Tapia, C. (2018). Rediseño de reactores acuapónicos unifamiliares para el autoconsumo.https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3090/1/T ESIS% 20Final%20corregida%20%20ACUAPONIA%20TAPIA%202018.pdf

Vende Plantas. (s. f.). Venta de Semillas Lechuga Seda White Boston en Perú. Disponible en: https://vendeplantas.com/venta-de-semillas-lechuga-seda-white-boston-en-peru/?utm_source=chatgpt.com

Youssef, S., El-Hady, S., El-Azm, N., & El-Shinawy, M. (2017). 1 Foliar Application of Salicylic Acid and Calcium Chloride Enhances Growth and Productivity of Lettuce (*Lactuca sativa*).

ANEXOS

Tabla 9A. ANVA de la altura de planta al trasplante.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	2	0.20222222	0.10111111	18.20	0.0028
Error	6	0.03333333	0.00555556		
Total corregido	8	0.23555556			

C.V. = 1.64 %

Tabla 10A. ANVA de la altura de planta de la evaluación 1.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	2	7.29555556	3.64777778	28.80	0.0008
Error	6	0.76000000	0.12666667		
Total corregido	8	8.05555556			

C.V. = 4.5 %

Tabla 11A. ANVA de la altura de planta de la evaluación 2.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	2	16.10666667	8.05333333	29.58	0.0008
Error	6	1.63333333	0.27222222		
Total corregido	8	17.74000000			

C.V. = 5.03 %

Tabla 12A. ANVA de la altura de planta de la evaluación 3.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	2	21.01555556	10.50777778	122.82	<.0001
Error	6	0.51333333	0.08555556		
Total corregido	8	21.52888889			

C.V. = 1.99 %

Tabla 13A. ANVA de la altura de planta de la evaluación 4.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	2	67.38888889	33.69444444	102.45	<.0001
Error	6	1.97333333	0.32888889		
Total corregido	8	69.36222222			

C.V. = 2.86 %

Tabla 14A. ANVA del número de hojas al trasplante.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	2	0.06000000	0.03000000	1.80	0.2441
Error	6	0.10000000	0.01666667		
Total corregido	8	0.16000000			

C.V. = 3.2%

Tabla 15A. ANVA del número de hojas de la evaluación 1.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	2	24.22222222	12.11111111	36.33	0.0004
Error	6	2.00000000	0.33333333		
Total corregido	8	26.22222222			

C.V. = 10.3%

Tabla 16A. ANVA del número de hojas de la evaluación 2.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	2	17.55555556	8.77777778	26.33	0.0011
Error	6	2.00000000	0.33333333		
Total corregido	8	19.55555556			

C.V. = 8.5%

Tabla 17A. ANVA del número de hojas de la evaluación 3.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	2	116.6666667	58.3333333	105.00	<.0001
Error	6	3.3333333	0.5555556		
Total corregido	8	120.0000000			

C.V. = 8.2%

Tabla 18A. ANVA del número de hojas de la evaluación 4

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	2	502.8888889	251.4444444	754.33	<.0001
Error	6	2.0000000	0.3333333		
Total corregido	8	504.8888889			

C.V. = 4.4%

Tabla 19A. ANVA de la longitud de raíces a la cosecha.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	2	11.58222222	5.79111111	8.31	0.0186
Error	6	4.18000000	0.69666667		
Total corregido	8	15.76222222			

C.V. = 8.5%

Tabla 20A. ANVA del peso por planta.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	2	3823.962222	1911.981111	543.18	<.0001
Error	6	21.120000	3.520000		
Total corregido	8	3845.082222			

C.V. = 5.6%

Tabla 21A. ANVA del rendimiento por hectárea.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	2	43993444.74	21996722.37	173.43	<.0001
Error	6	760994.04	126832.34		
Total corregido	8	44754438.78			

C.V. = 10.5%

Tabla 22A. Composición del abono foliar 20 – 20 – 20.

Composición química	**P/V**
Nitrógeno	20.00
Fósforo	20.00
Potasio	20.00
Magnesio	0.50
Calcio	0.80
Azufre	0.50
Cobre	0.40
Zinc	0.55
Manganeso	0.20
Boro	0.50
Hierro	0.50
Molibdeno	0.10
Extracto de Algas	1.50
Aminoácidos	3.00
Ácido folico	0.01
Vitamina B1	0.10

Tabla 23A. Composición del humus de lombriz líquido.

Macro Nutrientes	
Nitrogeno	30 000 mg/L
Fosforo	25 000 mg/L
Potacio	15 000 mg/L
Calcio	55 000 mg/L
Magnesio	26 000 mg/L
Micro Nutrientes	
Zinc	110 mg/L
Manganeso	400 mg/L
Boro	89 mg/L
Cobre	150 mg/L
Fierro	10915 mg/L
Sodio	500 mg/L
Materia Orgánica	
Materia Organica	19,50%
pH	
pH	6,7
Carbono Orgánico	
Carbono Organico	3,5
Ácido Húmico y Ácido Fúlvico	
Acidos Humicos	7%
Acidos Fulvicos	3,50%



Figura 8A. Trasplante de las plántulas de lechuga a las camas acuapónicas.



Figura 9A. Disposición de los tratamientos en las camas acuapónicas.



Figura 10A. Evaluación de las plantas de lechuga cada 15 días.



Figura 11A. Aplicación de abono foliar a las plantas de lechuga.



Figura 12A. Aplicación de hongos entomopatógenos para el control de plagas.

Figura 13A. Daños observados causados por lepidópteros comedores de hojas.





Figura 14A. Evaluación de longitud de raíces a la cosecha.



Figura 15A. Evaluación de peso por planta a la cosecha.



Figura 16A. Supervisión de jurados de tesis.



Figura 17A. Área experimental del sistema acuapónico de Yarinacocha.