

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
ESCUELA DE POSGRADO
MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL



**ABSORCIÓN DE NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO DE
TRES VARIEDADES DE LECHUGA (*Lactuca sativa L.*) EN
ACUAPONÍA CON TILAPIA (*Oreochromis niloticus*)**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: DESARROLLO SOSTENIBLE

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN MEDIO
AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, MENCIÓN EN
GESTIÓN AMBIENTAL**

TESISTA: AGUIRRE GOMEZ FIORELLA MARILU

ASESOR: DR. ROBLES HUAYNATE RIZAL ALCIDES

HUÁNUCO – PERÚ

2023

DEDICATORIA

A mis padres Marilú Gomez Carbajal, Héctor Eliseo Aguirre Melgarejo y a mi hermano Hans Aguirre Gomez por sus consejos, paciencia y apoyo incondicional en todo momento.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Hermilio Valdizán de Huánuco, por brindarme la oportunidad de cursar la maestría.
- A mi asesor el Dr. Rizal Alcides Robles Huaynate, por el apoyo en el desarrollo de la investigación y los conocimientos compartidos.
- Al ingeniero Adrián Cerilo Rueda Liberato, por el apoyo antes, durante y después de la elaboración, instalación y desarrollo de la investigación.
- A la piscigranja “El encanto de SAIPAI”, a los laboratorios de Química y Microbiología de la UNAS, por la predisposición en el préstamo de materiales y equipos para el adecuado desarrollo de la investigación.

RESUMEN

Dentro de los sistemas de recirculación sostenibles tenemos a la acuaponía, el cual nos permite la integración de la hidroponía con el cultivo acuícola, en el cual los desechos de los peces son aprovechados como nutrientes para el cultivo de diversos vegetales, evitando de esta manera que estos efluentes con alto contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, sean vertidos sin ningún tratamiento a los cuerpos de agua superficiales, ocasionando problemas medioambientales como la eutrofización. En tal sentido la presente investigación tuvo como objetivo determinar la capacidad de absorción de nitrógeno, fósforo y potasio de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.), en acuaponía con cultivo de tilapias, para lo cual se construyó 12 sistemas acuapónicos iguales e independientes, en donde se trabajó con tres variedades de lechuga cultivadas con 250 peces/m³, siendo el T1 (green leaf), T2 (red salad bowl) y T3 (black rose) con 4 repeticiones por tratamiento teniendo un periodo de evaluación de 45 días. Para determinar la absorción de N, P, K, se tomó datos iniciales y finales de la planta que fueron enviadas al laboratorio para su análisis respectivo, a su vez se determinó el desarrollo agronómico de las lechugas, se evaluó en 45 días los índices zootécnicos de las tilapias y por último se estimó el beneficio neto y merito económico de las tres variedades de lechuga. En cuanto a los resultados se reportó que hubo diferencia estadística en la absorción de fósforo, obteniendo mayores valores para la variedad green leaf, en cuanto a las características agronómicas estas tuvieron un buen desarrollo en las tres variedades de lechuga, los índices zootécnicos de las tilapias varían de acuerdo con la variedad de la lechuga, siendo la variedad black rose la que obtuvo mejores resultados en cuanto al consumo diario y la conversión alimenticia aparente, con respecto a las evaluaciones de la calidad de agua, los parámetros fisicoquímicos se mantuvieron dentro de los rangos normales para sistemas acuapónicos, a su vez se reportó que la variedad black rose es la que presenta mayor rentabilidad en cuanto al beneficio y merito económico.

Palabras clave: Sistemas acuapónicos, absorción, filtro biológico, calidad de agua

ABSTRACT

Within the sustainable recirculation systems we have aquaponics, which allows us to integrate hydroponics with aquaculture, in which fish waste is used as nutrients for the cultivation of various vegetables, thus avoiding that these effluents with a high content of nitrogen, phosphorus and potassium are discharged without any treatment into surface water bodies, causing environmental problems such as eutrophication. In this sense, the present investigation had the objective of determining the absorption capacity of nitrogen, phosphorus and potassium of three varieties of lettuce (*Lactuca sativa L.*), in aquaponics with tilapia culture, for which 12 equal and independent aquaponic systems were built. , where we worked with three varieties of lettuce cultivated with 250 fish/m³, being T1 (green leaf), T2 (red salad bowl) and T3 (black rose) with 4 repetitions per treatment having an evaluation period of 45 days. . To determine the absorption of N, P, K, initial and final data of the plant were taken, which were sent to the laboratory for their respective analysis, in turn, the agronomic development of the lettuce was determined, the zootechnical indices were evaluated in 45 days. of tilapia and finally the net benefit and economic merit of the three varieties of lettuce was estimated. Regarding the results, it was reported that there was a statistical difference in the absorption of phosphorus, obtaining higher values for the green leaf variety, in terms of the agronomic characteristics, these had a good development in the three varieties of lettuce, the zootechnical indices of the tilapias vary according to the variety of lettuce, being the black rose variety the one that obtained the best results in terms of daily consumption and apparent feed conversion, with respect to water quality evaluations, the physicochemical parameters remained within the limits normal ranges for aquaponic systems, in turn it was reported that the black rose variety is the one with the highest profitability in terms of benefit and economic merit.

Keywords: Aquaponic systems, absorption, biological filter, water quality.

INDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT	v
INTRODUCCIÓN.....	xi
CAPÍTULO I. ASPECTOS BÁSICOS DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	12
1.1. Fundamentación del problema	12
1.2. Justificación e importancia de la investigación	12
1.3. Viabilidad de la investigación	13
1.4. Formulación del problema	14
1.4.1. Problema general	14
1.4.2. Problemas específicos.....	14
1.5. Formulación de objetivos	15
1.5.1. Objetivo general.....	15
1.5.2. Objetivos específicos	15
CAPÍTULO II. SISTEMA DE HIPÓTESIS	16
2.1. Formulación de las hipótesis	16
2.1.1. Hipótesis general	16
2.1.2. Hipótesis específicas	16
2.1.3. Variables.....	17
2.2. Operacionalización de variables	18
2.3. Definición operacional de las variables	20
2.3.1. Variedad de lechuga	20
2.3.2. Absorción de nutrientes.....	20

CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO.....	21
3.1. Antecedentes de investigación.....	21
3.1.1. Antecedentes Internacionales	21
3.1.2. Antecedentes Nacionales.....	22
3.2. Bases teóricas.....	24
3.2.1. Acuaponía.....	24
3.2.2. Métodos acuapónicos	25
3.2.3. Parámetros fisicoquímicos.....	25
3.2.4. Lechuga (<i>Lactuca sativa L.</i>).....	25
3.2.5. Tipos y cultivares de lechugas.....	27
3.2.6. Parámetros de calidad de agua para lechugas.....	29
3.2.7. Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	30
3.2.8. Parámetros de calidad de agua para tilapias	31
3.3. Bases conceptuales	32
3.3.1. Acuaponía.....	32
3.3.2. Sistema de recirculación.....	32
3.3.3. Filtro biológico	33
CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO	34
4.1. Ámbito de estudio.....	34
4.2. Tipo y nivel de investigación	34
4.3. Población y muestra.....	34
4.3.1. Descripción de la población	34
4.3.2. Muestra y método de muestreo.....	35
4.4. Diseño de investigación.....	36
4.5. Técnicas e instrumentos.....	36
4.5.1. Técnica de recojo, procesamiento y presentación de datos	36
4.5.2. Instrumentos	37
4.6. Procedimiento.....	38
4.6.1. Instalaciones y equipos.....	38
4.6.2. Germinación y trasplante de las lechugas	39
4.6.3. Dieta y alimentación de los peces	39
4.6.4. Absorción de nitrógeno, fósforo y potasio	40
4.6.5. Características agronómicas de las tres variedades de lechuga.....	40

4.6.6. Índices zootécnicos de las tilapias.....	41
4.6.7. Monitoreo de calidad de agua.....	43
4.6.8. Beneficio neto y merito económico.....	44
4.7. Aspectos éticos	44
CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
5.1. Análisis descriptivo	45
5.1.1. Evaluación de la absorción de nitrógeno, fósforo y potasio de las tres variedades de lechuga.	45
5.1.2. Determinación de las características agronómicas (número de hoja, altura, área foliar, volumen radicular y peso fresco) de las tres variedades de lechuga.	47
5.1.3. Evaluación de los índices zootécnicos de las tilapias (velocidad de crecimiento en peso (VCP), consumo diario de alimento (CDA), conversión alimenticia aparente (CAA), velocidad de crecimiento en longitud (VCL) y factor de condición)	48
5.1.4. Monitoreo de la calidad de agua del sistema acuapónico (Temperatura, pH, oxígeno disuelto (OD), conductividad eléctrica (CE), solidos disueltos totales (TDS), amonio, nitrito y nitrato)	49
5.1.5. Estimación del beneficio neto y merito económico de las tres variedades de lechuga	50
5.2. Análisis inferencial y/o contrastación de hipótesis.....	51
5.3. Discusión de resultados.....	53
5.4. Aporte científico de la investigación.....	58
CONCLUSIONES.....	59
SUGERENCIAS.....	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
ANEXOS.....	68

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos y cultivares de lechugas	27
Tabla 2. Porcentaje de absorción de nitrógeno, fósforo y potasio, evaluadas en las tres variedades de lechuga	45
Tabla 3. Características agronómicas de las tres variedades de lechuga	47
Tabla 4. Índices zootécnicos de las tilapias	48
Tabla 5. Parámetros fisicoquímicos del agua de los sistemas acuapónicos	49
Tabla 6. Análisis económico por tratamiento de las tres variedades de lechuga en acuaponía con cultivo de tilapia.....	50

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de las plantas en la cama de los sistemas acuapónicos	35
Figura 2. Sistema acuapónico modelo de “lecho de medios”	39
Figura 3. Absorción de N, P, K de las tres variedades de lechuga.....	46
Figura 4. Limpieza del laboratorio para la construcción de los sistemas acuapónicos	80
Figura 5. Construcción de los sistemas acuapónicos	80
Figura 6. Captación del agua superficial que se usó en los sistemas acuapónicos ...	81
Figura 7. Instalación de los sistemas acuapónicos	81
Figura 8. Selección de la grava de río para los filtros biológicos	82
Figura 9. Selección del sustrato para la germinación de las lechugas	82
Figura 10. Selección de las tilapias	83
Figura 11. Pesado del alimento Aquatech para el consumo de las tilapias.....	83
Figura 12. Germinación de las lechugas	84
Figura 13. Desarrollo agronómico de las lechugas	84
Figura 14. Medición de Índices Zootécnicos	85
Figura 15. Medición de parámetros fisicoquímicos	85
Figura 16. Determinación de amonio, nitrito y nitrato.....	86

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de actividades como la agricultura y la acuicultura, son las principales fuentes de ingresos para millones de familias peruanas. Sin embargo, estas actividades están generando diversos impactos ambientales negativos en el caso de la agricultura causa problemas como la degradación de suelos, deforestación, quema de bosques y contaminación por el uso excesivo de agroquímicos, a su vez la acuicultura al no hacer un manejo adecuado de sus efluentes causa problemas de eutrofización en cuerpos de aguas superficiales.

Por lo que actualmente se debe impulsar la producción de alimentos de manera más sostenible, que no implique una afectación negativa hacia el medio ambiente, entre ellas tenemos a la acuaponía, el cual es un método de producción que combina el cultivo hidropónico y la acuicultura, en donde se hace un uso eficiente del agua, se genera pocos desechos y permite la producción de vegetales orgánicos ya que no hacen uso de productos químicos agrícolas. Este tipo de sistemas puede ser implementado a pequeña escala para el consumo familiar o a gran escala a nivel comercial.

Estudios e investigaciones en este tipo de sistemas son escasos sobre todo aquellos enfocados en la capacidad de absorción de nitrógeno, fósforo y potasio que tienen las diversas variedades de lechuga, pese a la importancia de estos nutrientes tanto en el sistema acuapónico y si son vertidos a los cuerpos de agua como efluentes, ya que puede causar problemas de eutrofización.

CAPÍTULO I. ASPECTOS BÁSICOS DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Fundamentación del problema

De acuerdo con el último informe del MEF, la agricultura representa el 9% del PBI y su peso en las exportaciones totales es de aproximadamente 10%, además de ser una de las principales actividades que genera ingresos a más de 4 millones de familias peruanas. En el caso de la acuicultura de acuerdo con PRODUCE, se está teniendo un crecimiento sostenido en los últimos años, representando un 24.9% del PBI.

El desarrollo de estas dos principales actividades está generando diversos impactos ambientales negativos en el caso de la agricultura afectando principalmente al recurso suelo, trayendo problemas de degradación de suelo, deforestación, quema de bosques. En cuanto a la acuicultura el inadecuado manejo de sus efluentes está causando severos problemas de eutrofización en las aguas superficiales por sus altos contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio.

Por lo que se debe buscar alternativas sostenibles para reducir los impactos generados por estas actividades, en donde tenemos a la acuaponía que es un método de producción que suma el sistema hidropónico y acuícola (Espinosa, 2015), ya que utiliza una cantidad comparativamente pequeña de agua, produce muy pocos desechos y no se hace uso de agroquímicos, optimizando el uso del agua y tierra fértil.

1.2. Justificación e importancia de la investigación

La construcción del sistema acuapónico permite el reciclaje de desechos orgánicos generados por los peces, los cuales serán utilizados para nutrir a las plantas que funcionan como filtros biológicos tomando del agua lo que necesitan, y así, al absorber estos compuestos, limpian el líquido que regresa a los peces, permitiendo a éstos últimos desarrollarse en un medio óptimo para su crecimiento y desarrollo

(Merlín y Martínez, 2015), además se puede implementar tanto a pequeña escala, para alimentar a una familia, como a nivel comercial.

Los estudios e investigaciones sobre estos sistemas son escasos, sobre todo en cuanto al desenvolvimiento, aprovechamiento de nutrientes y la capacidad que tienen las variedades de lechuga de absorber nitrógeno, fósforo y potasio en sistemas acuapónicos, ya que el incremento de estos nutrientes afecta a la producción de tilapias (*Oreochromis niloticus*) y si superan los ECAs, causan eutrofización al ser vertidos al medio ambiente. Sin embargo, estos nutrientes son importantes para el adecuado crecimiento y desarrollo de la planta, en tal sentido se plantea evaluar la absorción de estos nutrientes (N, P, K) mediante el cultivo de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. *green leaf*, *Lactuca sativa* L. var. *black rose* y *Lactuca sativa* L. var. *red salad bowl*.), en sistemas acuapónicos con producción de tilapias.

1.3. Viabilidad de la investigación

La viabilidad del tema de investigación radica en que no hay estudios e investigaciones en cuanto al comportamiento y la capacidad de absorción de nutrientes de las diferentes variedades de lechuga en sistemas acuapónicos, a su vez la construcción de un sistema acuapónico constituye una alternativa ecológica y viable a mediano plazo, ya que es una alternativa para la producción de alimentos en zonas urbanas, donde se reduce la utilización de productos químicos y se hace un uso eficiente del agua. A su vez de acuerdo con Guzmán y Hurtado (2018) la construcción de este sistema es viable ya que permite implementar policultivos donde se produzca y comercialice diferentes variedades de hortalizas, genera nuevos empleos a partir del segundo año de funcionamiento, además de generar una buena rentabilidad al primer año de funcionamiento.

A su vez la presente investigación resulto viable debido a la accesibilidad del área de investigación, disponibilidad económica y el tiempo de ejecución. En cuanto a los recursos humanos se tuvo el apoyo de un asesor.

1.4. Formulación del problema

1.4.1. Problema general

- ¿Cuál será la capacidad de absorción de nitrógeno, fósforo y potasio de las tres variedades de lechuga en acuaponía con cultivo de tilapia?

1.4.2. Problemas específicos

- ¿Qué variedad de lechuga tendrá mejores resultados en cuanto a la absorción de nitrógeno, fósforo y potasio?
- ¿Cuál de las tres variedades de lechuga presentará mejor adaptación en el sistema acuapónico con respecto a las características agronómicas?
- ¿Las tilapias presentarán niveles óptimos de ganancia de peso, longitud, porcentaje de mortalidad y consumo de alimento?
- ¿La calidad de agua del sistema acuapónico será óptimo para el desarrollo de las lechugas y tilapias?
- ¿Cuál será el beneficio neto y el mérito económico que se obtenga de las tres variedades de lechuga cultivadas en acuaponía?

1.5. Formulación de objetivos

1.5.1. Objetivo general

- Evaluar la capacidad de absorción de nitrógeno, fósforo y potasio de tres variedades de lechuga en acuaponía con producción de tilapias.

1.5.2. Objetivos específicos

- Evaluar la absorción de nitrógeno, fósforo y potasio de las tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa L. var. green leaf*, *Lactuca sativa L. var. black rose* y *Lactuca sativa L. var. red salad bowl*).
- Determinar las características agronómicas (número de hojas, altura, área foliar, volumen radicular y peso fresco) de las tres variedades de lechuga.
- Evaluar los índices zootécnicos de las tilapias (velocidad de crecimiento en peso, consumo diario de alimento, conversión alimenticia aparente, velocidad de crecimiento en longitud y factor de condición)
- Monitorear la calidad de agua de los sistemas acuapónicos (temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, TDS, amonio, nitrito y nitrato).
- Estimar el beneficio neto y merito económico de las tres variedades de lechuga, sometidos a sistemas acuapónicos con tilapias.

CAPÍTULO II. SISTEMA DE HIPÓTESIS

2.1. Formulación de las hipótesis

2.1.1. Hipótesis general

- **Ha:** La capacidad de absorción de nitrógeno, fósforo y potasio en los sistemas acuapónicos con producción de tilapias, es influenciado por la variedad de la lechuga, obteniendo mayores valores para la variedad green leaf.
- **Ho:** La capacidad de absorción de nitrógeno, fósforo y potasio en los sistemas acuapónicos con producción de tilapias, no es influenciado por la variedad de la lechuga, obteniendo menores valores para la variedad green leaf.

2.1.2. Hipótesis específicas

- **Ha:** La absorción de N, P, K en los sistemas acuapónicos, es influenciado por la variedad de lechuga
- **Ho:** La absorción de N, P, K en los sistemas acuapónicos, no es influenciado por la variedad de lechuga
- **Ha:** Las características agronómicas como número de hojas, altura, área foliar, volumen radicular y peso fresco son influenciadas por la variedad de las lechugas.
- **Ho:** Las características agronómicas como número de hojas, altura, área foliar, volumen radicular y peso fresco no son influenciadas por la variedad de las lechugas.
- **Ha:** Las variedades de las lechugas influyeron en los índices zootécnicos de las tilapias.

- **Ho:** Las variedades de las lechugas no influyeron en los índices zootécnicos de las tilapias.
- **Ha:** La calidad de agua de los sistemas acuapónicos están influenciados por las variedades de las lechugas.
- **Ho:** La calidad de agua de los sistemas acuapónicos no están influenciados por las variedades de las lechugas.

2.1.3. Variables

Tipo de variable	Descripción
Independiente	Tres variedades de lechuga
Dependiente	Absorción de nitrógeno, fósforo y potasio
Intervinientes	Características agronómicas Índices zootécnicos Calidad de agua Beneficio neto y merito económico

2.2. Operacionalización de variables

	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS
V.I	Tres variedades de lechuga	Representa a un grupo de plantas seleccionado dentro de una especie, que presentan una serie de características comunes.	Adaptación y desarrollo de las tres variedades de lechuga	Porcentaje de absorción de nitrógeno, fósforo y potasio de las tres variedades de lechuga	Kjendhal Metavanadato Espectro UV visible. Espectrofotometría de absorción atómica (EAA)
V.D	Absorción de nitrógeno, fósforo y potasio	Capacidad de incorporar nutrientes a través de las raíces de los vegetales	Nutrientes absorbidos en porcentaje	Porcentaje de N, P, K	Kjendhal, Metavanadato Espectro UV visible, Espectrofotometría de absorción atómica (EAA)
			Características agronómicas	Número de hojas, altura, área foliar, volumen radicular, peso fresco	Probeta, horno de secado, piseta, balanza analítica

Índices zootécnicos	Velocidad de crecimiento en peso, consumo diario de alimento, conversión alimenticia aparente, velocidad de crecimiento en longitud y factor de condición.	Ictiómetro, balanza analítica
Calidad de agua	Temperatura, oxígeno disuelto, amonio, nitrito, nitrato, pH, conductividad eléctrica, TDS.	Medidor de oxígeno disuelto, Multiparámetro, termómetro, Test kit HI 3824, HI 3873 y HI 3874 marca HANNA
Beneficio neto y merito económico	Beneficio neto en soles por tratamiento	

2.3. Definición operacional de las variables

2.3.1. Variedad de lechuga

Hace referencia a la agrupación de elementos diversos, en el caso de las lechugas diversos tipos de lechuga con alguna similitud

2.3.2. Absorción de nutrientes

Es el proceso por el cual se incorporan los nutrientes a la planta, los cuales juegan un papel importante en el crecimiento de desarrollo de estos vegetales.

CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes de investigación

3.1.1. Antecedentes Internacionales

Loy (2021) evaluó la productividad de lechuga en asociación con la tilapia bajo un sistema de acuaponía en el cantón Guayaquil, donde menciona que la lechuga tipo lolo rosa obtuvo mayores valores en comparación a los otros dos tratamientos en cuanto a la altura de planta y a la cantidad de hojas por plantas, sin embargo en el resto de las variables agronómica fue la lechuga morada copa cabana la de mejores resultados.

Castro *et al.* (2020) evaluó de la capacidad de absorción de nutrientes usando lechuga (*Lactuca sativa* L) en un sistema acuapónico de cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus.*), donde reportó que su calidad de agua se encontraba en rangos normales para el buen funcionamiento de su sistema acuapónico, obteniendo niveles de 0.3 mg/l, 4.8 mg/l, 7.5 mg/l para amonio, nitrato y fosfato respectivamente.

Alcocer (2017) usó dos sistemas acuapónicos con pez dorado, un sistema tipo NFT (Nutrient Film Technique) y otro sistema Mixto donde las densidades iniciales fueron 1.620 kg/m³ y 1.624 kg/m³ obteniendo una densidad final de 1.811 kg/m³ y 1.721kg/m³ respectivamente. A su vez los resultados muestran una elevada supervivencia de pez dorado y plantas de lechugas con densidades de cultivo de peces cercanas a 0.86 kg/m³ para el sistema mixto y 1.4 Kg/m³ para el NFT.

Espinosa (2015) realizó una investigación en cuanto a la producción de tres especies herbáceas (albahaca, menta y hierbabuena) utilizadas como filtros biológicos en sistemas acuapónicos para la producción intensiva de tilapia, obteniendo como resultados que la hierbabuena tuvo mejor adaptación ya que presento mayor tasa absoluta de crecimiento y número de hojas en comparación con la albahaca y la menta; además, concluye que las tres especies vegetales pueden ser utilizadas como parte de filtros biológicos debido a que no se encontró

diferencias estadísticas significativas, en cuanto a la remoción de los compuestos de nitrógeno y fósforo.

Mendiola (2015) realizó una evaluación de la capacidad de remoción de compuestos nitrogenados y fosfatos utilizando diferentes sustratos en los filtros biológicos de sistemas acuapónicos, obteniendo como resultados que todos los sistemas presentaron la concentración máxima de fosfatos, amonio, amoniaco, nitratos y nitritos a las dos horas después de la alimentación; además, el porcentaje de remoción de amoniaco, amonio y fosfato presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$), en cambio no se observaron diferencias significativas en la producción de nitritos y nitratos.

Rodríguez *et al.* (2013) realizaron un análisis técnico de la producción de tilapia y lechuga en dos sistemas de acuaponía, en la cual reportó que las tilapias mostraron mayor crecimiento en el sistema con biofiltración, a diferencia de las lechugas que obtuvieron mayor desarrollo en el sistema de recambio de agua, a su vez mencionan que los parámetros fisicoquímicos se mantuvieron en rangos normales en ambos sistemas propuestos.

Ramírez *et al.* (2009) buscaron definir de forma preliminar el crecimiento de peces, plantas de lechuga y el comportamiento de los parámetros físico químicos en donde los resultados obtenidos fueron que el crecimiento de los peces fue bajo y lento pero la supervivencia fue elevada (80%), el crecimiento de las lechugas fue superior en los sistemas hidropónicos pero si hubo supervivencia y algo de crecimiento en los acuapónicos a pesar de mantenerse niveles bajos de pH.

3.1.2. Antecedentes Nacionales

Delgado (2020) realizó una investigación en cuanto al aprovechamiento de efluentes provenientes de los sistemas de recirculación acuícola del cultivo de tilapia en acuaponía, donde reportó que el efluente del cultivo de tilapia, sometido al sistema acuapónico logra la remoción de compuestos nitrogenados NAT, amoniaco, nitrito, nitrato, y materia orgánica con eficiencias de 47.6, 40.0, 69.8, 9.7 y 85.9%, respectivamente; a su vez menciona que los parámetros

fisicoquímicos permanecieron dentro de los niveles óptimos para la producción de tilapia en un sistema acuapónico.

Guevara (2020) evaluó el efecto de bioabono de efluentes de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en el cultivo de culantro (*Coriandrum sativum*) en un sistema acuapónico, donde reportó que el bioabono de efluentes de tilapia cuenta con presencia de materia orgánica con contenidos de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, teniendo concentraciones 12 mg/L de fósforo, 50.16 mg/L de potasio, lo cual es absorbido por el culantro de igual forma se encontró presencia de Nitrógeno de 0.21 mg/L siendo este elemento el responsable de proveer el color verde a las hortalizas.

Morales (2019) realizó el diseño, construcción y evaluación de un sistema acuapónico prototipo, aplicado a la tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) y albahaca (*Ocimum basilicum*), donde reportó que la construcción de este sistema es factible, a su vez menciona que los parámetros fisicoquímicos y ambientales, se mantuvieron estables al finalizar el cultivo, no habiendo mortalidad, a su vez en cuanto al crecimiento de las tilapias, en un periodo de 42 días, con una tasa de conversión alimenticia de 1.2, un volumen de carga de 200 peces/m³ se obtuvo un peso promedio final de 21.57 g.

Culcos & Tucto (2018) determinaron y compararon la producción de *Oreochromis niloticus var. Chitralada* “tilapia gris” y *Lactuca sativa* “lechuga” en un sistema acuapónico con diferentes densidades de peces. Obteniendo que el crecimiento de *O. niloticus var. Chitralada* fue afectado por la densidad de peces en relación indirecta, siendo mayor en 167 peces/m³ (T1): 222.90 mm y 205.58 g; pero en relación directa con *L. sativa* que en ambas pruebas mostró mejor crecimiento en el T3 (333 peces/m³) con promedios de: 203.50 mm (longitud de raíz), 306.00 mm (longitud de hoja) y 198.15 g (peso fresco).

Segura & Balois (2017) evaluaron la producción acuapónica de *L. sativa* utilizando efluentes del cultivo de *O. niloticus* a diferentes densidades en laboratorio (200, 250 y 300 alevines/m³ de agua) obteniendo como resultado que la producción

acuapónica de *L. sativa* utilizando efluente del cultivo de *O. niloticus* a 200, 250 y 300 peces/m³ no presentó diferencias significativas entre los tratamientos para longitud, talla y diámetro de la hoja en *L. sativa*, pero si en el peso.

Moreno (2014) realizó una investigación en cuanto al sistema acuapónico del crecimiento de *Lactuca sativa* “lechuga” con efluentes de cultivo de Tilapia, donde reporto como resultados que el crecimiento de la lechuga, la tasa de crecimiento, el crecimiento en peso fresco total y el peso fresco económico, fue mayor en el T1 (50 tilapias), a comparación del T2 (25 tilapias).

Mora (2013) evaluó la concentración de los principales macronutrientes del cultivo de *Oreochromis niloticus* “tilapia” sobre *Lactuca sativa* “lechuga” en sistema acuapónico, donde obtuvo que los macronutrientes nitrógeno (70.65 mg/L), fósforo (12,13 mg/L) están por encima de los LMPs para agua de riego de vegetales y bebidas de animales, que nos reporta el MINAM.

Cáceres (2013) evaluó el efecto del agua residual del cultivo de *Oreochromis niloticus* “tilapia” sobre el crecimiento de *Lactuca sativa* “lechuga” en sistema acuapónico continuo, donde concluyo que el agua residual de la tilapia favorece el crecimiento de la lechuga, a su vez reporto que se encontró diferencias significativas entre las variables de longitud de raíz, tallo, numero de hojas, numero de brazos de inflorescencia, flores y semillas, en los tratamientos con filtro y sin filtro.

3.2. Bases teóricas

3.2.1. Acuaponía

Es un sistema bio integrado de recirculación que junta la acuicultura y la producción hidropónica de vegetales. Los nutrientes, que son excretados por las tilapias por medio de branquias, orina o heces, son transformados a formas asimilables por los vegetales por medio de las bacterias nitrificantes. El empleo de estos sistemas tiene muchas ventajas entre ellas tenemos el uso eficiente del agua, aprovechamiento eficiente de nutrientes (Muñoz, 2012).

3.2.2. Métodos acuapónicos

El NFT por sus siglas en inglés Nutrient Film Technique, consiste en el uso de tubos horizontales con corrientes de agua poco profunda rica en nutrientes, donde las plantas se colocan dentro de los agujeros en la parte superior de los tubos (FAO, 2014).

El método DWC (Deep Water Culture) consiste en suspender las plantas en láminas de poliestireno, donde sus raíces están colgando hacia abajo en el agua. Este método se usa más en sistemas a escala comercial (FAO, 2014).

En el caso de la técnica de lecho de medios, el diseño es más común y recomendable para pequeña escala, debido a su eficiencia en pequeños espacios, al costo y a que tiene una dificultad baja (FAO, 2014)

3.2.3. Parámetros fisicoquímicos

Para que el sistema acuapónico funcione adecuadamente, se debe de mantener los parámetros de calidad de agua a un nivel adecuado, los parámetros fisicoquímicos más importantes a tener en cuenta son la temperatura, oxígeno disuelto, pH, conductividad, sólidos disueltos, amonio, nitrito, nitrato, dureza (Balbuena & Rios, 2011).

3.2.4. Lechuga (*Lactuca sativa L.*)

Planta herbácea anual y autógama, posee una raíz pivotante que llega hasta los 30 cm de profundidad, cuenta con un tallo corto con hojas distribuidas en forma de rosetas densas alrededor del tallo (La Rosa, 2015)

- **Clasificación taxonómica**

De acuerdo a La Rosa, (2015), la lechuga tiene la siguiente clasificación taxonómica.

Reino : Plantae

Subreino : Tracheobiont

División : Magnoliophyta

Clase : Magnoliopsida

Subclase : Asteridae

Orden : Asterales

Familia : Asteraceae

Género : *Lactuca* L.

Especie : *Lactuca sativa* L.

- **Siembra y Cosecha**

Ciclo de vida total 86 días (30 días en el semillero + 56 días desde el trasplante a cosecha), en hidroponía el ciclo de vida está entre 45 a 60 días. Siembra se da a campo abierto, invernadero, convencional o hidropónico (Montesdeoca, 2009).

En cuanto a la cosecha, la madurez está basada en la compactación de la cabeza en el caso de las lechugas de repollo, en el caso de las lechugas de hojas sueltas su periodo de maduración está dada de acuerdo a la condición del mercado (Maroto, 1983).

3.2.5. Tipos y cultivares de lechugas

De acuerdo a Infoagro (2016), existen los siguientes tipos y cultivares de lechugas.

Tabla 1. Tipos y cultivares de lechugas

Tipos de lechugas	Cultivares
<i>Romanas (Lactuca sativa L. var. Longifolia)</i>	Conconina
	Corsica
	Costina
	Abarca
	Parris Island
	Romabella
	Odessa
Oreja de Mulo	
<i>Arrepolladas: (Lactuca sativa L. var. Capitata)</i>	Batavia
	Black rose
	Mantecosa
	Iceberg
	Milanesa
	Francesa
	Maravilla de Cuatro Estaciones
	Reina de mayo
Trocadero	
White Boston	
<i>De hojas sueltas (Lactuca sativa L. var. Acephala)</i>	Dark Green
	Green leaf
	Grand Rapids
	Lollo Rossa
	Red Salad Bowl
Simpson Red Sails	

	Climax
	Empire
	Great Lakes 659
	Great Lakes 118
Lechuga de cabeza (<i>Lactuca sativa</i> <i>L. var. Crispa</i>)	Merit Mesa 659
	Minetto
	Salinas
	Waldman Green
	Vanguard

Lechuga espárrago (<i>Lactuca sativa</i> <i>L. var. Augustana</i>)	-
---	---

- ***Lactuca sativa L. var. Acephala***

En la investigación se trabajó con dos cultivares de lechuga de la variedad *Acephala*, las cuales se caracterizan por presentar hojas sueltas sin formar cogollo, se usan mayormente en huertas caseras o sistemas hidropónicos ya que sus hojas se pueden ir cosechando individualmente o cosechar entero, los cultivares de green leaf presentan hojas de color verde intenso y márgenes rizados y su tiempo de maduración oscila entre 60 – 65 días, en el caso de red salad bowl presenta sus bordes rizados con un color verde en el interior y rosa violáceo en las puntas, esta variedad tiene una maduración que oscila entre los 70 a 80 días (Asto, 2018).

Estas variedades de preferencia se siembran de febrero a abril en semillero o directamente al aire libre, entre los requerimientos primordiales es la luz, ya que esta variedad es exigente a altas intensidades de luz y los nutrientes ya que es muy exigente en cuanto a la fertilidad del sustrato, esto debido al corto periodo vegetativo y alta velocidad de crecimiento (Gutiérrez, 2011).

En un estudio realizado en la Estación Experimental Santa Rosa de la Universidad Austral de Chile, la dosis recomendada para el cultivo de lechuga en la localidad

de Valdivia varía entre: 64 y 128 kg de N ha⁻¹, 150 kg de P₂O₅ ha⁻¹, y entre 50 a 100 kg de potasio por ha⁻¹ (Gutiérrez, 2011).

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

Esta variedad se caracteriza por formar un cogollo apretado, con hojas anchas grandes y compactas de color verde y en algunas sub variedades presentan un color morado, tal es el caso de la sub variedad black rose el cual presenta un color verde en el interior y rojo intenso en las puntas, debido a la presencia de antocianinas, pigmentos naturales que le dan el color particular al borde de las hoja, esta variedad se cultiva todo el año y su tiempo de maduración relativa oscila entre los 50- 55 días. Esta lechuga es resistente al moho (Gutiérrez, 2011).

3.2.6. Parámetros de calidad de agua para lechugas

- **Temperatura**

La lechuga es una planta que se adapta a distintos climas, soportando temperaturas bajas con un límite de hasta -6 °C y con una máxima de 30 °C. La temperatura óptima de germinación oscila entre 18 a 20 °C, para la fase de crecimiento se requieren entre 14 a 18 °C por el día y 5 a 8 °C por la noche, mientras que durante la formación del cogollo se necesitan 12 °C por el día y 3 a 5 °C por la noche (Goites, 2008).

- **Dureza**

Lema (2017) comenta que es recomendable que la concentración salina tenga valores inferiores a 200 ppm. Un contenido de cloruro sódico superior a las 50 ppm en el agua de riego no es aconsejable porque disminuye el ritmo de crecimiento de la planta. Algunas sustancias pueden resultar tóxicas en determinadas proporciones como el cloro libre en cantidades superiores a las 2 ppm y el sodio en cantidad superior a 10 ppm.

- **pH**

En cuanto al pH Rodríguez *et al.* (2004) mencionan que el valor del pH debe mantenerse entre 6.0 a 6.5. Si el pH está por encima de 7.5, puede presentarse en las plantas síntomas de deficiencia de hierro, boro, cobre, zinc y/o manganeso. Si el pH es muy ácido, puede presentarse deficiencias de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y/o molibdeno.

- **Conductividad eléctrica**

Lema (2017) considera que la conductividad eléctrica (CE) es una medida de las sales disueltas en una solución. Al ser absorbidos los nutrientes por la planta, el nivel de este parámetro disminuye ya que hay menos sales. A la vez esta aumenta cuando se retira agua mediante los procesos de evaporación y transpiración. Se debe mantener un nivel de 1150 – 1250 $\mu\text{s/cm}$

- **Oxígeno disuelto**

La medida de oxígeno disuelto (OD) indica la cantidad de oxígeno disponible en el agua del estanque para que las raíces lleven a cabo la respiración. Generalmente se debe de mantener un nivel con un rango de 4 – 8 mg/l (Lema, 2017)

3.2.7. Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Las tilapias son peces endémicos originarios de África y el cercano oriente, en donde su cultivo se inicia en 1820 y de ahí se ha extendido a gran parte del mundo, siendo considerada la tercera especie más cultivada después de las carpas y los salmónidos (Fondepes, 2004).

Así mismo, esta especie viene incrementando anualmente su cultivo, a tal punto que se viene cultivando en 85 países y es considerada la especie cuyo cultivo es el más importante en la centuria que recién se inicia (Fondepes, 2004).

3.2.8. Parámetros de calidad de agua para tilapias

- Temperatura

La temperatura optima en tilapias es de 28 a 31 °C, en la fase de crecimiento se ha constatado que a una temperatura de 22°C el crecimiento es tres veces más rápido (Tsang y Quintanilla, 2008).

- Amonio

En concentraciones mayores de 0.1 ppm es indicador de contaminación la cual puede resultar toxico para los peces (Bautista y Ruiz, 2011).

- Nitratos

Los niveles de nitratos entre 0 y 40 ppm son generalmente seguros para los peces, cualquier valor superior a 80 ppm puede ser toxico (Bautista y Ruiz, 2011).

- Nitritos

Los niveles de nitritos superiores a 0.75 ppm en el agua puede provocar estrés en peces y mayores de 5 ppm pueden ser tóxicos (Bautista y Ruiz, 2011).

- Oxígeno disuelto

En el cultivo es recomendable mantener el oxígeno disuelto en 5 ppm (Bautista y Ruiz, 2011).

- pH

El rango de pH adecuado para el cultivo de la tilapia es de 7 a 9, debiéndose controlar las variaciones del pH del medio (Tsang y Quintanilla, 2008).

- **Sólidos suspendidos**

Según Nicovita (2002) en estanques limpios (sólidos menores a 25 mg/l), estanques intermedios (sólidos entre 25 - 100 mg/l) y estanques lodosos (sólidos mayores a 100 mg/l).

- **Alcalinidad (dureza)**

El rango de dureza para las tilapias va desde 20 hasta 350 ppm de carbonato de calcio siendo 75 ppm el valor óptimo (Tsang y Quintanilla, 2008)

3.3. Bases conceptuales

3.3.1. Acuaponía

Sistema que integra el cultivo acuícola con el hidropónico, permitiendo la producción de peces y vegetales orgánicos, en estos sistemas los nutrientes que son excretados directamente por los organismos acuáticos o generados por las reacciones microbianas sobre los desechos orgánicos son absorbidos por las plantas cultivadas hidropónicamente (Muñoz, 2012).

3.3.2. Sistema de recirculación

En el sistema de recirculación, el ambiente es totalmente controlado, el agua circula a través del sistema y solamente el agua que se pierde por evaporación es reemplazada diariamente. La temperatura, salinidad, pH, alcalinidad, composición química y el oxígeno son monitoreados y continuamente controlados. Los residuos sólidos son filtrados y removidos, se incorpora oxígeno para mantener concentraciones suficientes para la densidad de peces en cultivo, y por último el efluente es tratado en biofiltro para la conversión biológica del nitrógeno amoniacal a nitrato (Timmons, 2002).

3.3.3. Filtro biológico

Es un método biológico que emplea materiales distintos a los convencionales como alternativas para mejorar la calidad del agua, esto mediante la eliminación de nutrientes como nitrógeno y fósforo, que en altas concentraciones causa eutrofización en cuerpos de agua. En sistemas acuícolas es una tecnología clave en la remoción de sustancias nitrogenadas presentes en el agua, para que esta pueda ser reutilizada en el mismo sistema (Mendiola, 2015).

CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO

4.1. Ámbito de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en el área de piscicultura de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicado en el Distrito de Rupa Rupa, Provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco, geográficamente se encuentra ubicado a 09° 17' 07'' de Latitud Sur y 76° 01' 07'' de Longitud Oeste con una altitud 660 m.s.n.m, la temperatura promedio es de 24.5 °C, la precipitación promedió anual es 3 194 mm, humedad relativa de 84%. La investigación tuvo una duración de cuatro meses.

4.2. Tipo y nivel de investigación

Tipo de investigación: Aplicada

Nivel de investigación: Experimental

4.3. Población y muestra

Población: 540 plantas (180 *Lactuca sativa* L. var. green leaf, 180 *Lactuca sativa* L. black rose y 180 *Lactuca sativa* L. red salad bowl).

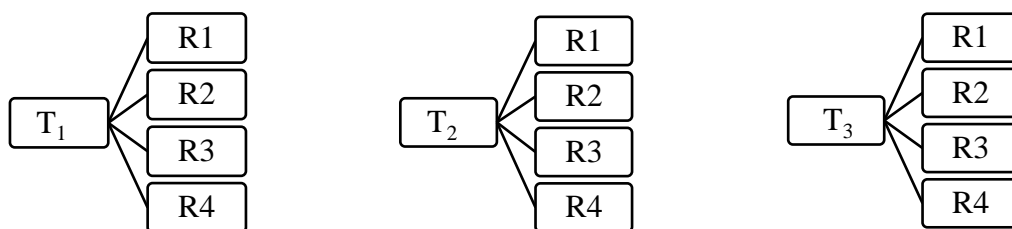
Muestra: 216 plantas (72 *Lactuca sativa* L. var. green leaf, 72 *Lactuca sativa* L. var. black rose y 72 *Lactuca sativa* L. var. red salad bowl)

4.3.1. Descripción de la población

La población estuvo conformada por 540 lechugas (180 *Lactuca sativa* L. var. green leaf, 180 *Lactuca sativa* L. var. black rose y 180 *Lactuca sativa* L. var. red salad bowl), las cuales se obtuvo de semillas de las marcas Hortus y Sierra, que fueron germinadas en semilleros.

De estas poblaciones se obtuvo como muestra 216 lechugas (72 *Lactuca sativa* L. var. green leaf, 72 *Lactuca sativa* L. var. black rose y 72 *Lactuca sativa* L. var. red salad bowl) las cuales se colocaron en las camas hidropónicas de los sistemas

acuapónicos, 18 plantas por cada cama hidropónica, teniendo un total de 12 unidades experimentales, tal como se muestra en la siguiente figura.



Leyenda: [T₁]: Tratamiento uno (*Lactuca sativa L. var green leaf*), [T₂]: Tratamiento dos (*Lactuca sativa L. var black rose*), [T₃]: Tratamiento tres (*Lactuca sativa L. var red salad bowl*), [R1]: Repetición uno, [R2]: Repetición dos, [R3]: Repetición tres, [R4]: Repetición cuatro.

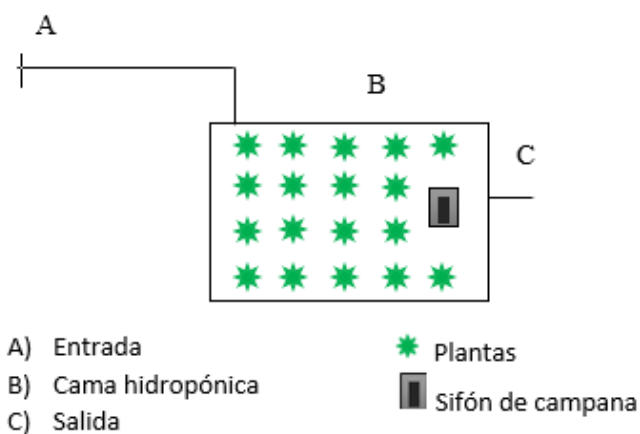


Figura 1. Distribución de las plantas en la cama de los sistemas acuapónicos

4.3.2. Muestra y método de muestreo

Muestra: 216 plantas (72 *Lactuca sativa L. var. green leaf*, 72 *Lactuca sativa L. var. black rose* y 72 *Lactuca sativa L. var. red salad bowl*)

Método de muestreo: Muestreo aleatorio simple

4.4. Diseño de investigación

Para el análisis de todos los datos se usó el programa estadístico Infostat. (Infostat, 2020). Los datos se procesaron mediante el análisis de varianza correspondiente al diseño completamente al azar (DCA), para la comparación de promedios se usó la prueba DGC, con un nivel de confianza del 95%.

El modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, 3, \dots, t \\ j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array}$$

Donde:

Y_{ij} = Absorción de nitrógeno, fósforo y potasio

μ = Media poblacional

T_i = Tres variedades de lechuga

E_{ij} = Error experimental

4.5. Técnicas e instrumentos

4.5.1. Técnica de recojo, procesamiento y presentación de datos

A) Técnicas Bibliográficas

Fichaje

Permitió registrar aspectos esenciales de los materiales leídos y que ordenadas sistemáticamente sirvieron de valiosa fuente para elaborar el marco teórico.

Análisis de Contenido

Sirvió para hacer inferencias válidas y confiables respecto a los documentos en estudio. Fueron redactadas de acuerdo con el estilo de redacción APA para los elementos de las referencias bibliográficas, así como para las citas contextuales.

B) Técnicas de Campo

Observación

Se realizó en el laboratorio de piscicultura de la UNAS, respecto al desarrollo que tuvieron las tres variedades de lechuga en el sistema acuapónico con producción de tilapia, posteriormente se determinó el contenido de N, P, K en el laboratorio de la UNAS.

C) Técnicas de procesamiento y presentación de datos

Los datos fueron procesados estadísticamente en hojas de cálculo de Microsoft Excel, para posteriormente ser analizados estadísticamente en el programa Infostat

4.5.2. Instrumentos

- Materiales

Ictiómetro, bandejas de germinación, kits de amoníaco, nitrato y nitrito, frascos de vidrio de 500 ml, recipientes, caja de Tecnopor, etiquetas, vaso precipitado, agua destilada, picetas, guantes quirúrgicos, marcador indeleble, mandil, cubre boca, regla y libreta de apuntes

- Material biológico

216 semillas de Lechuga (72 *Lactuca sativa* L. var. *green leaf*, 72 *Lactuca sativa* L. var. *black rose* y 72 *Lactuca sativa* L. var. *red salad bowl*) de las marcas Anasac y Sierra,

300 alevinos de *Oreochromis niloticus* “tilapia” y Denitrol.

- Equipos

Balanza gramera, balanza analítica, oxímetro HANNA modelo HI9146, Multiparámetro HANNA modelo HI98194, Termómetro, Test kit para medir amonio, nitrito y nitrato de la marca JBL

4.6. Procedimiento

4.6.1. Instalaciones y equipos

El proyecto se llevó a cabo en el área de piscicultura de la facultad de zootecnia de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, la cual cuenta con una construcción de concreto con techo de calamina.

Para la construcción de los 12 sistemas acuapónicos del tipo “lecho de sustrato”, se utilizó doce tanques de fibras de vidrio, las cuales tienen una capacidad de 120 L, del cual solo se llenó 100 L, a su vez se implementó un filtro mecánico casero de 4 L y para las camas de cultivo (hidropónicas) que funcionaron como filtro biológico se usaron recipientes de plástico de 125 L los cuales fueron llenados con grava de río a razón de 60L, en donde se sembró las variedades de lechuga, este espacio estuvo con techo con calaminas transparentes, ya que se requiere luz solar para el crecimiento de las plantas. También se usó un recipiente de plástico de 20 L que funcionó como sumidero.

Se realizó instalaciones eléctricas ya que se usaron 12 bombas sumergibles de agua para recircular continuamente los 12 sistemas independientemente, 1 bomba de aire para oxigenar el agua y también se utilizó una balanza digital de 2 kg, termómetro, oxímetro y multiparámetro para la recopilación de datos.

Para los sistemas se usó agua superficial proveniente del bosque reservado de la UNAS un debido análisis fisicoquímico.

Antes de iniciar con el experimento se realizó la aclimatación y maduración del sistema acuapónico durante 30 días siguiendo el proceso propuesto por (Jiménez, 2018).

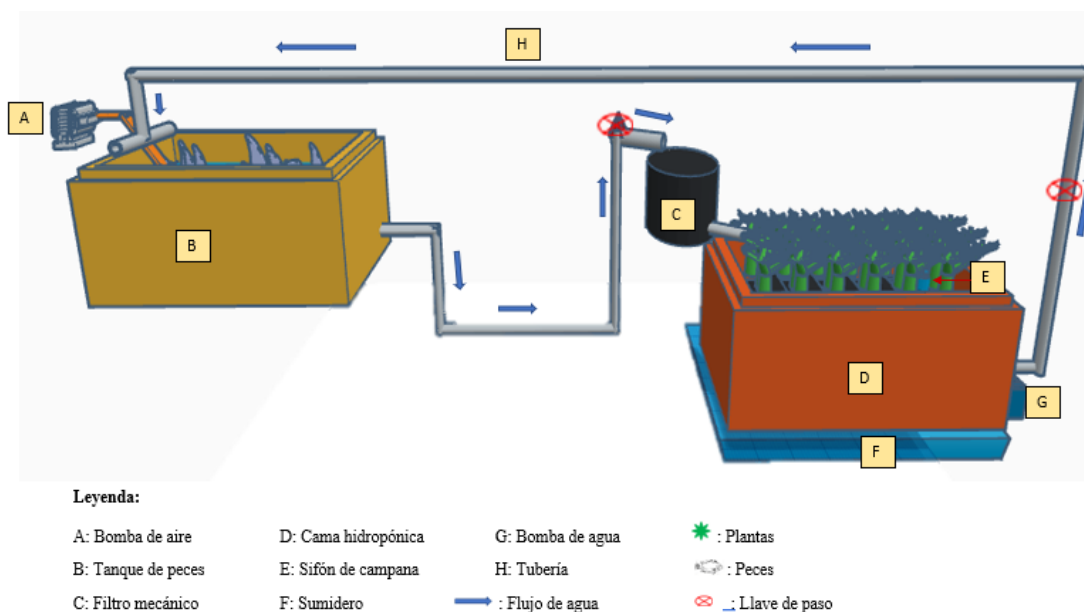


Figura 2. Sistema acuapónico modelo de “lecho de medios”

4.6.2. Germinación y trasplante de las lechugas

Para la germinación de las lechugas se compró semillas de las marca Anasac, las cuales se colocaron en las bandejas de germinación en donde ya se tuvo preparado la tierra que estuvo compuesta por el 10% arena, 40% humus y 50% tierra negra.

Una vez transcurrido los 30 días, se procedió al trasplante a las camas hidropónicas en donde se colocaron 18 plantas por cada cama hidropónica, trabajando con un total de 216 plántulas de lechuga.

4.6.3. Dieta y alimentación de los peces

Se trabajó con un total de 300 peces los cuales fueron alimentados con alimento balanceado extrusado de la marca AQUATECH por un periodo de 45 días que duró la fase de ejecución. La alimentación se realizó 6 veces al día. Para la fase de inicio (5 g – 30 g) se utilizó la dieta con 40% de proteína.

4.6.4. Absorción de nitrógeno, fósforo y potasio

Los tratamientos evaluados fueron tres variedades de lechuga (green leaf, red salad bowl y black rose), cultivados con 250 peces/m³ en cada sistema acuapónico. Para determinar la absorción de nitrógeno, fósforo y potasio, primero se calculó el total de nutrientes ingresados al sistema por medio del consumo de alimento. Seguido de esto se determinó el total de nutrientes contenido en las tres variedades de lechuga, con ambos valores por medio de la fórmula dado a continuación se determinó cuánto del total de nitrógeno, fósforo y potasio que ingreso al sistema por el alimento es absorbido por las lechugas en 45 días de evaluación, expresado en porcentajes (Anexo C).

$$\% \text{ Absorción} = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \dots \dots (1)$$

Fuente: Paredes (2015)

4.6.5. Características agronómicas de las tres variedades de lechuga

Una vez colocadas las lechugas a las camas hidropónicas se procedió a medir lo siguiente:

- **Número de hojas**, se contabilizó cada 9 días
- **Altura (cm)**, se midió cada 9 días desde el nacimiento de la raíz hasta el ápice del tallo utilizando una cinta métrica
- **Área foliar (dm²)**, se usó el método de las pesadas, para lo cual se siguió el siguiente procedimiento (Rondan, 2013)
 - a) Se dibujó las siluetas de las hojas de la planta a evaluar en un papel con igual grosor y densidad.
 - b) Recortamos las siluetas de las hojas dibujadas del papel por cada planta a evaluar.

c) Recortamos el papel al igual que se hizo para dibujar las siluetas, luego se dibujó un cuadrado perfecto con dimensiones de 10 cm por lado, el cual hace un área de 100 cm².

d) Pesamos el papel recortado del cuadrado perfecto el cual nos dio un peso determinado el que nos sirvió como peso patrón, para hallar el área foliar.

e) Luego pesamos todas las siluetas de las hojas de cada tratamiento, planta por planta y anotamos el peso

f) Luego por regla de tres simple, se obtuvo el área foliar de cada planta evaluada

- **Volumen radicular (cm³)**, se determinó en la etapa inicial y final de la planta, para lo cual se colocó agua en una probeta, se midió este volumen (V1), luego se sumergió la raíz de la planta dentro de la probeta y se midió el volumen del agua (V2), luego por diferencia (V1 - V2) se obtuvo el volumen total de la raíz.

- **Peso fresco (g)**: Se tomó valores iniciales (al momento de colocarlos en las camas hidropónicas) y finales (en la cosecha - 42 días después) en donde se colocó plantas completas de las lechugas (raíz, tallo, hojas), en una balanza analítica para así obtener el peso en fresco.

4.6.6. Índices zootécnicos de las tilapias

Se determinaron los siguientes índices zootécnicos de las tilapias:

- **Velocidad de crecimiento en peso (VCP)**. Para esta evaluación se midió los pesos iniciales y finales luego de 45 días a cada uno de los peces.

$$VCp = (Peso\ final\ g - Peso\ inicial\ g) / (Tiempo\ dias)$$

- **Consumo diario de alimento (CDA)**. Primero se calculó la cantidad de alimento, la cual se determinó mediante la biomasa obtenidas en muestreos semanales, luego se procedió a calcular el alimento a suministrar empleando la tasa de alimentación destinada a esa etapa, finalmente se midió el alimento

consumido por el pez y se dividió entre el número de días que duro el experimento.

Para lo cual se usó las siguientes fórmulas:

$$B = N^{\circ}P * Wp$$

Donde:

B = Biomasa

N[°]P = Número de peces

Wp = Peso promedio g

$$(AS): AS = TA * B$$

Donde:

AS = Alimento suministrado

TA = Tasa de alimentación

B = Biomasa en g

$$CDA: AC / D$$

Donde:

CDA: consumo diario de alimento

AC: alimento consumido g

D: número de días de evaluación

- **Conversión alimenticia aparente (CAA).** Es la relación que existe entre el alimento consumido y la ganancia de peso del pez.

$$CAA = \text{Alimento Consumido}(Kg) / \text{Ganancia de Peso}(Kg)$$

- **Velocidad de crecimiento en longitud (VCL).** Para esta evaluación se midió las longitudes totales iniciales y finales luego de 45 días a cada uno de los peces

$$VCp = (\text{longitud } final \text{ } g - \text{longitud } inicial \text{ } g) / (\text{Tiempo } dias)$$

- **Factor de condición (K).** El factor de condición expresa el grado de bienestar del pez, mediante la relación entre el peso y la longitud del pez. Mediante la siguiente formula.

$$K = \frac{PT}{L^3} \times 100$$

4.6.7. Monitoreo de calidad de agua

Una vez que el sistema estuvo operando, en cuanto al pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y solidos disueltos totales se midió cada 5 días a las 8 am. Para el amonio, nitrito y nitrato se tomó medidas al inicial y final del experimento

- **pH**, se determinó con ayuda del medidor multiparámetro HANNA modelo 98194 debidamente calibrado.
- **Oxígeno disuelto (mg/L)**, se determinó in situ utilizando el medidor de oxígeno disuelto marca HANNA modelo HI 9146 debidamente calibrado.
- **Conductividad eléctrica (µs/cm)**, se determinó con ayuda del multiparámetro HANNA modelo HI 98194 debidamente calibrado.
- **Solidos disueltos totales (ppm)**, se determinó con ayuda del multiparámetro HANNA modelo HI 98194 debidamente calibrado.
- **Amonio (mg/L)**, se usó el test NH₄ marca JBL
- **Nitrito (mg/L)**, se usó el test NO₃ marca JBL
- **Nitrato (mg/L)**, se usó el test NO₂ marca JBL

4.6.8. Beneficio neto y merito económico

Para calcular el beneficio neto se aplicó la formula detallada a continuación, seguido de eso se averiguó el precio del kilogramo de las lechugas, se usó el cálculo del peso final de cada tratamiento y se halló los costos variables y costos fijos del presupuesto

$$BNj = PYj - (CVj + CFj)$$

BNj = Beneficio neto en Nuevos Soles (S/.)

j = Tratamiento

P = Precio por kg de lechuga y tilapia (S/.)

Yj = Peso final de la lechuga y tilapia (S/. /Kg)

CVj = Costo variable por tratamiento (S/.)

CFj = Costo fijo por tratamiento (S/.)

Para calcular el mérito económico, se halló el costo total por cada tratamiento y su beneficio neto por tratamiento luego se usó la siguiente formula:

$$ME = BN / CT * 100$$

Dónde:

ME = Merito económico en porcentaje.

BN = Beneficio neto por tratamiento.

CT = Costo total por tratamiento.

4.7. Aspectos éticos

El trabajo de investigación realizado se basa en principios bioéticos al momento de trabajar con animales vivos como las tilapias, en donde se tuvo el mayor cuidado posible para no afectar estos seres vivos.

CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Análisis descriptivo

En el presente capítulo de la tesis, se muestran los resultados obtenidos con respecto a la absorción de nitrógeno, fósforo y potasio en 45 días de ejecución, además se reporta datos de características agronómicas de las lechugas, índices zootécnicos de las tilapias, el monitoreo de la calidad de agua y la estimación del beneficio neto y merito económico de las tres variedades de lechuga, todo esto realizado en la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

5.1.1. Evaluación de la absorción de nitrógeno, fósforo y potasio de las tres variedades de lechuga.

Tabla 2. Porcentaje de absorción de nitrógeno, fósforo y potasio, evaluadas en las tres variedades de lechuga

Densidad	Green leaf	Red salad bowl	Black rose	p-valor	CV (%)
N ingresado al sistema (g)	10.31	11.08	11.48	-	-
Contenido de N de la lechuga (g)	1.08	1.15	1.39	-	-
P ingresado al sistema (g)	0.41	0.52	0.57	-	-
Contenido de P en la lechuga (g)	0.28	0.21	0.34	-	-
K ingresado al sistema (g)	1.04	1.13	1.17	-	-
Contenido de K en la lechuga (g)	0.54	0.47	0.58	-	-
Absorción N %	10.5	10.4	12.1	0.477	19.23
Absorción P %	69.1 a	40.2 b	60.1 a	0.016	20.08
Absorción K %	52.0	42.0	49.6	0.179	15.05

Letras diferentes en fila muestra diferencia estadística (DGC: 0.05)

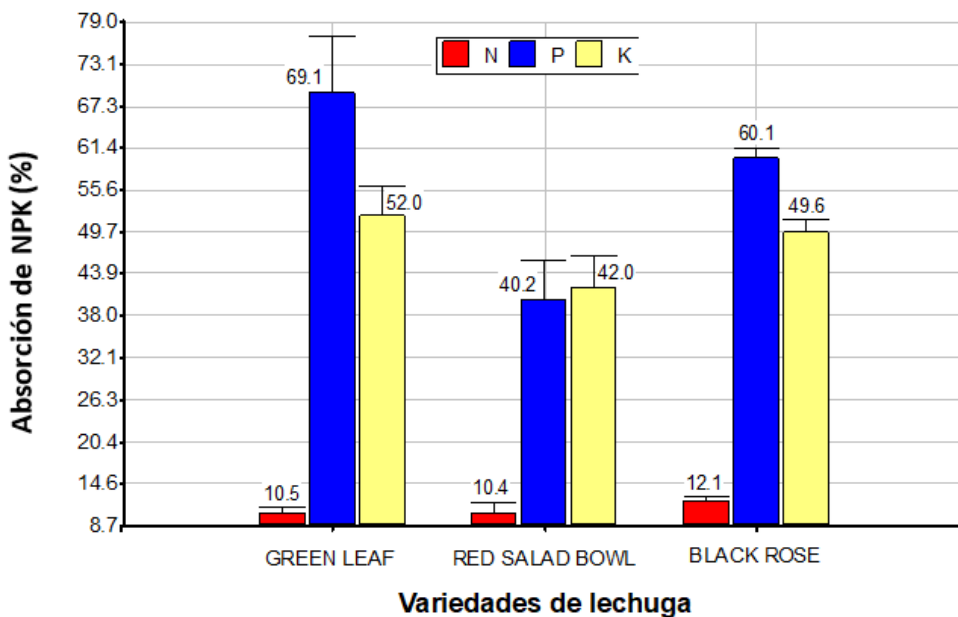


Figura 3. Absorción de N, P, K de las tres variedades de lechuga

Análisis e interpretación:

En la Tabla 2 se observa diferencia estadística significativa en la absorción de fósforo, donde la variedad green leaf obtuvo mayores valores, seguido de la variedad black rose y red salad bowl.

En cuanto a la absorción de nitrógeno se obtuvo mayores valores en la variedad black rose, seguido de green leaf y la red salad bowl

Con respecto a la absorción de potasio la variedad green leaf es la que obtuvo mayores valores.

En la figura 3, se observa mayor absorción de fósforo, seguido del potasio y nitrógeno para las tres variedades le lechuga.

5.1.2. Determinación de las características agronómicas (número de hoja, altura, área foliar, volumen radicular y peso fresco) de las tres variedades de lechuga.

Tabla 3. Características agronómicas de las tres variedades de lechuga

VARIABLES	Green leaf	Red salad bowl	Black rose	p-valor	CV (%)
Hoja inicial	3.00	3.00	3.00	---	---
Hoja final	10.15	8.28	8.78	---	---
Incremento de hojas	7.15 a	5.28 b	5.78 b	0.036	14.44
Altura inicial (cm)	10.17	7.42	9.01	---	---
Altura final (cm)	42.10	39.57	39.95	---	---
Incremento de altura (cm)	33.24	30.71	31.09	0.6911	6.95
Área foliar inicial (dm ²)	0.22	0.24	0.31	---	---
Área foliar final (dm ²)	18.32	14.07	17.49	---	---
Incremento del área foliar (dm ²)	18.07a	13.82 b	17.24 a	0.0172	10.29
Peso fresco inicial (g)	0.36	0.45	0.47	---	---
Peso fresco final (g)	47.14	50.44	60.42	---	---
Incremento del peso (g)	46.72	50.02	60.00	0.4739	17.23
Volumen radicular inicial (cm ³)	0.05	0.06	0.08	---	---
Volumen radicular final (cm ³)	1.96	2.15	2.53	---	---
Incremento del volumen radicular (cm ³)	1.89	2.09	2.47	0.7745	20.52

Letras diferentes en fila muestra diferencia estadística (DGC: 5%)

Análisis e interpretación:

En la Tabla 3, se indica los promedios de las características agronómicas de las tres variedades de lechugas a los 45 días de evaluación en las camas hidropónicas, en cuanto al incremento del número de hojas, la altura y el área foliar de las lechugas se observa mejores resultados en la variedad green leaf, seguido de la variedad black rose. En cuanto al incremento en peso y el volumen radicular se obtuvo mejores resultados en la variedad black rose, seguido de la variedad red salad bowl.

A su vez se observa que hubo diferencia estadística significativa para el incremento en el número de hojas y el área foliar.

5.1.3. Evaluación de los índices zootécnicos de las tilapias (velocidad de crecimiento en peso (VCP), consumo diario de alimento (CDA), conversión alimenticia aparente (CAA), velocidad de crecimiento en longitud (VCL) y factor de condición)

Tabla 4. Índices zootécnicos de las tilapias

Variables	Green leaf	Red salad bowl	Black rose	p-valor	CV (%)
Peso inicial (g)	5.46	5.48	5.46	0.9571	2.23
Peso final (g)	15.27	14.95	14.88	0.5476	3.47
VCP (g/día)	0.22	0.21	0.21	0.5538	5.92
CDA (g)	0.30 a	0.30 a	0.32 b	0.0270	2.58
CAA (g)	1.37	1.44	1.52	0.1397	6.43
Longitud inicial (cm)	6.97	6.88	7.01	0.1182	1.15
Longitud final (cm)	8.88	8.71	8.79	0.4600	2.16
VCL (cm/día)	0.04	0.04	0.04	0.6862	12.71
Factor de condición (%)	2.18	2.27	2.20	0.7868	6.68

Análisis e interpretación:

La variable VCP muestra valores de 0.22 g/día, 0.21 g/día y 0.21 g/día para las variedades green leaf, red salad bowl y black rose respectivamente, donde no muestran diferencias entre variedades.

La variable consumo diario de alimento se observan valores de 0.30 g, 0.30 g y 0.32 g para las variedades green leaf, red salad bowl y black rose respectivamente donde se ve que existe diferencia estadística significativa entre variedades.

La variable conversión alimenticia aparente muestra valores de 1.37, 1.44 y 1.52 para las variedades green leaf, red salad bowl y black rose respectivamente donde se observa mejores valores en la variedad black rose.

La variable velocidad de crecimiento en longitud muestra valores de 0.04 cm/día para las tres variedades mostrando que no existe diferencia estadística significativa.

En cuanto al factor de condición se reportó los siguientes valores en porcentaje de 2.18, 2.27 y 2.20 para las variedades green leaf, red salad bowl y black rose respectivamente

5.1.4. Monitoreo de la calidad de agua del sistema acuapónico (Temperatura, pH, oxígeno disuelto (OD), conductividad eléctrica (CE), sólidos disueltos totales (TDS), amonio, nitrito y nitrato)

Tabla 5. Parámetros fisicoquímicos del agua de los sistemas acuapónicos

Variables	Green leaf	Red salad bowl	Black rose	p-valor	CV (%)
Temperatura inicial	23.35	23.38	23.38	---	---
Temperatura final	23.33	23.38	23.20	---	---
Promedio (°C)	23.38	23.38	23.38	0.9999	0.21
pH inicial	7.03	6.98	7.00	---	---
pH final	7.08	7.05	7.03	---	---
Promedio	6.98	6.91	6.95	0.6469	1.34
OD inicial	5.35	5.35	5.25	---	---
OD final	6.04	5.72	5.91	---	---
Promedio (mg/l)	5.81	5.78	5.84	0.1956	0.74
CE inicial	678	640	638	---	---
CE final	798	865	915	---	---
Promedio (µs/cm)	716	766	787	0.0779	5.15
TDS inicial	348	300	320	---	---
TDS final	450	433	473	---	---
Promedio (ppm)	375	382	406	0.2972	7.06

Amonio inicial	0.00	0.00	0.00	---	---
Amonio final	0.05	0.06	0.05	---	---
Promedio (mg/l)	0.03	0.03	0.03	---	---
Nitrito inicial	0.20	0.20	0.15	---	---
Nitrito final	0.18	0.18	0.18	---	---
Promedio (mg/l)	0.18	0.19	0.16	0.5310	21.08
Nitrato inicial	10.00	10.00	10.00	---	---
Nitrato final	30.00	20.00	30.00	---	---
Promedio (mg/l)	20.00	23.33	23.33	---	---

Análisis e interpretación:

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos, los resultados varían conforme a la variedad de la lechuga siendo la variedad black rose la que obtuvo mayores valores en parámetros como nitrato, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y TDS.

En cuanto al pH, esta se mantuvo en un rango aceptable en los tres tratamientos

En cuanto a la temperatura este se mantuvo constante en las tres variedades de lechugas con un valor de 23.38 en promedio.

5.1.5. Estimación del beneficio neto y merito económico de las tres variedades de lechuga

Tabla 6. Análisis económico por tratamiento de las tres variedades de lechuga en acuaponía con cultivo de tilapia.

Variables	Green leaf	Red salad bowl	Black rose
Ya (S/. /Kg)	22.9	22.4	22.3
Yi (S/. /Kg)	54.0	50.9	59.5
YP (S/. /Kg)	76.9	73.3	81.8
CT (S/.)	71.6	71.6	71.9
BN (S/.)	5.3	1.7	9.9
ME (%)	7.4	2.3	13.8

Yt: Ingreso bruto por peces. Yi: Ingreso bruto por lechugas. YP: Ingreso total. CT: Costo total. BN: Beneficio neto, ME: Merito económico

Análisis e interpretación:

Para el parámetro beneficio neto se muestra valores de s/ 5.3, s/ 1.7 y s/ 9.9 para las variedades green leaf, red salad bowl y black rose, observándose mejor beneficio neto para la variedad black rose. Así mismo para el parámetro merito económico se obtuvieron resultados de 7.4 %, 2.3 % y 13.8 % para las variedades green leaf, red salad bowl y black rose, notando un mayor mérito económico en la variedad black rose

5.2. Análisis inferencial y/o contrastación de hipótesis**Hipótesis general**

Ha: La capacidad de absorción de nitrógeno, fósforo y potasio en los sistemas acuapónicos con producción de tilapias, es influenciado por la variedad de la lechuga, obteniendo mayores valores para la variedad green leaf.

Ho: La capacidad de absorción de nitrógeno, fósforo y potasio en los sistemas acuapónicos con producción de tilapias, no es influenciado por la variedad de la lechuga, obteniendo menores valores para la variedad green leaf.

Los resultados de la tabla 2, señala para la absorción de fósforo que el p-valor es igual a 0.016 siendo menor al nivel de significancia (0.05) condición estadística para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna. Entonces permite afirmar que la capacidad de absorción nitrógeno, fósforo y potasio en los sistemas acuapónicos con producción de tilapias, es influenciado por la variedad de la lechuga, obteniendo mayores valores para la variedad green leaf.

Hipótesis específica 1

Ha: La absorción de N, P, K en los sistemas acuapónicos, es influenciado por la variedad de lechuga

Ho: La absorción de N, P, K en los sistemas acuapónicos, no es influenciado por la variedad de lechuga

En base al análisis de varianza de la tabla 2, se reporta un p-valor de 0.016, siendo menor al nivel de significancia (0.05) condición estadística para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna, en tal sentido se puede afirmar que la absorción de N, P, K en los sistemas acuapónicos, es influenciado por la variedad de lechuga

Hipótesis específica 2

Ha: Las características agronómicas son influenciadas por la variedad de las lechugas.

Ho: Las características agronómicas no son influenciadas por la variedad de las lechugas.

Los resultados de la tabla 3, señala un p-valor menor a 0.05, para el incremento de número de hojas y área foliar con valores de 0.036 y 0.0172 respectivamente. Con esta condición se rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna. El cual nos permite afirmar que las características agronómicas son influenciadas por la variedad de las lechugas.

Hipótesis específica 3

Ha: Las variedades de las lechugas influyeron en los índices zootécnicos de las tilapias.

Ho: Las variedades de las lechugas no influyeron en los índices zootécnicos de las tilapias.

En base al análisis de varianza de la tabla 4, se reporta un p-valor de 0.0270, siendo menor al nivel de significancia (0.05) condición estadística para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna, en tal sentido se puede afirmar que las variedades de las lechugas influyeron en los índices zootécnicos de las tilapias, específicamente en el consumo diario de alimento.

Hipótesis específica 4

Ha: La calidad de agua de los sistemas acuapónicos están influenciados por las variedades de las lechugas.

Ho: La calidad de agua de los sistemas acuapónicos no están influenciados por las variedades de las lechugas

En base al análisis de varianza de la tabla 5, no se reporta un p-valor menor al nivel de significancia (0.05) condición estadística para aceptar la hipótesis nula y rechazar la hipótesis alterna, en tal sentido se puede afirmar que la calidad de agua de los sistemas acuapónicos no están influenciadas por las variedades de lechuga.

5.3. Discusión de resultados

- Absorción de nitrógeno, fósforo y potasio

Con respecto a la absorción de nitrógeno, fósforo y potasio, en esta investigación se obtuvo mayores valores en la absorción de fósforo, seguido del potasio y el nitrógeno, esto difiere a lo reportado por Delgado (2020) y Rincón (2001), en investigaciones en sistemas acuapónicos e hidropónicos con análisis foliar, en donde reportaron mayor nivel de absorción de potasio, seguido del nitrógeno y fósforo, esto se pudo deber a las características genéticas y morfológicas de cada variedad de lechuga, las condiciones de calidad de agua, climáticas, y el medio de cultivo en el que se lleva a cabo el experimento.

En cuanto a la absorción de nitrógeno total se obtuvo mayores valores para la variedad black rose con un 12.1%. En estudios en cuanto a la absorción solo de compuestos nitrogenados por lechugas de la variedad Romana, en sistemas de recirculación o para tratar efluentes de cultivos acuícolas autores como Buzby & Lin (2014) y Wahyuningsih, Effendi, & Wardiatno (2015), reportan una absorción de 48%, 91.50%, 34.41%, 22.86% y 49.74%, para el nitrógeno amoniacal total, el amoníaco, amonio, nitrato y nitrito respectivamente. Con lo cual se puede observar que la lechuga puede ser usado como filtro biológico para la absorción nutrientes y tratar efluentes de cultivos acuícolas

- Características agronómicas de las lechugas

En cuanto al número de hojas se obtuvo mejores resultados para la variedad green leaf, seguido de la variedad black rose y red salad bowl. Al comparar estos resultados con investigaciones en sistemas hidropónicos como lo realizado por Choez (2019), se observa que en cuanto al número de hojas estas obtuvieron mayores valores en sistemas hidropónicos, esto se pudo deber a factores ambientales como la radiación solar ya que el trabajo se desarrolló al interior del laboratorio, también pudo ser influenciado por el sistema de cultivo ya que en sistemas hidropónicos hay mayor control de los nutrientes que se suministran para el adecuado desarrollo de la planta.

En cuanto a la altura, se obtuvo mayor incremento para la variedad green leaf, lo cual es superior a investigaciones en sistemas hidropónicos con cultivo de lechuga variedad Cressa como lo realizado por Velasco *et al.*, (2016) y Rodríguez (2021), esto se pudo deber a las características genéticas y morfológicas de cada variedad de lechuga. También autores como Savidov (2004) mencionan que si se alcanzan ciertos niveles clave de nutrientes en sistemas acuapónicos el desarrollo y la producción de vegetales suele ser superior en comparación a sistemas hidropónicos. Esto debido mayormente a que los sistemas acuapónicos presentan una alta cantidad de nitrógeno en el agua, proveniente de los tanques de cultivo de peces.

El incremento del área foliar fue mayor para la variedad green leaf, seguido de la variedad black rose y red salad bowl, al comparar con investigaciones con cultivo en tierra para la variedad cressa como lo desarrollado por Sepúlveda (2021) se obtuvo menores valores, esto se pudo deber a las características genéticas y morfológicas propias de la variedad, también pudo ser influenciado por factores ambientales como la radiación solar, además de que el autor en mención hace uso de fertilizantes minerales, orgánicos y agro minerales, lo cual pudo influir en el desarrollo de la planta.

Rodríguez *et.al.*, (2015), en su investigación en sistemas acuapónicos tipo NFT con producción de lechuga, obtuvo menores valores en cuanto al peso fresco, pero al comparar con la producción de lechuga en sistemas hidropónicos como lo realizado por Rodríguez (2021), se obtiene mejores resultados, esto se puede deber a las

características genéticas y morfológicas de cada variedad y también al diseño del sistema con el que se trabajó.

El cuanto al volumen radicular se obtuvo mayores valores en la variedad black rose, seguido de la variedad red salad bowl y green leaf. Ramírez (2022) en su investigación en cultivo hidropónicos con lechuga obtuvo mejores resultados esto se pudo deber a que dicho autor hace uso de estimulantes radiculares, los cuales mejoran las características morfológicas de la planta.

- Índices zootécnicos de las tilapias

La variable VCP muestra resultados más altos a los reportado por Segura y Balois, (2017), que trabajaron a una densidad de cultivo igual donde obtuvo valores más bajos a lo reportado en este trabajo. Así mismo Rubio (2012), con una densidad de siembra de 100 peces/m³ en 38 días de evaluación obtuvo valores más altos. Como también Delgado (2020), muestra valores más altos con una densidad de 53 peces/m³. Esto posiblemente que en este trabajo se usó una densidad más elevada.

La variable consumo de alimento diario muestra valores más bajos que los reportados por Yang y Kim (2020), que trabajo con una densidad de 24 peces por tanque de 350 L, pero con peces de mayor de peso. Estos resultados pueden deberse a que en este trabajo se manejó una densidad más elevada el cual causa un estrés por el confinamiento

Para la variable Conversión alimenticia aparente se obtuvieron mejores valores que los reportados por Sabwa *et.al.*, (2022) el cual trabajo a densidades similares. Como también Yang y Kim (2020), que obtuvieron valores más bajos a una densidad menor, pero con peces de mayor peso. esto variación posiblemente se dio por la calidad de agua que se vio en cada sistema el cual se ve reflejado en el bienestar del pez.

En la variable Velocidad de crecimiento en longitud se observan valores más bajos que los obtenidos por Culcos y Tucto (2018) que trabajo con la misma densidad de cultivo con un peso inicial de 0.62 g en 30 días esto posiblemente a que la temperatura del agua fue mayor el cual es un parámetro muy importante en el cultivo de tilapia.

Para la variable factor de condición se observan valores inferiores a los mostrados por Espinosa (2015), que trabajo con una densidad mucho menor en un sistema acuapónico con peces de mayor peso obteniendo valor de 1.78 %. Estos valores indican que los peces tratados tuvieron una buena relación peso - longitud mostrando bienestar en el cultivo.

- Calidad de agua en los sistemas acuapónicos

La temperatura se mantuvo constante en las tres variedades de lechuga con un valor de 23.38 °C en promedio el cual se encuentra dentro del rango recomendado por la FAO (2014) para este tipo de sistemas.

Los niveles de pH no variaron significativamente en las tres variedades de lechuga, obteniendo rangos entre los 6.91- 6.95, siendo menor a lo reportado por Edinson *et.al.*, (2014) cuyos valores se encuentran entre los 7.4 – 7.8, estos niveles no sobrepasan lo recomendado por la FAO (2014), ya que para el adecuado proceso de nitrificación en el sistema acuapónico se recomienda que los niveles de pH deben mantenerse en un rango de 6 a 9.

En cuanto al oxígeno disuelto se obtuvo mayores valores para la variedad black rose (5.84 mg/L), seguido de green leaf (5.84 mg/l) y red salad bowl (5.78 mg/l), estos valores son semejantes a los reportado por Carrión y Córdova (2020), quienes reportaron rangos de 5.83 a 6.92 mg/l. Es importante mantener niveles de oxígeno disuelto en rangos de 4 a 6 mg/l ya que este parámetro es primordial para el adecuado funcionamiento del sistema acuapónico, además de que este parámetro influye en el en la intensidad de la respiración de las raíces y en el metabolismo de la planta.

La conductividad eléctrica reportó mayores valores para la variedad black rose (787 $\mu\text{s/cm}$), seguido de red salad bowl (766 $\mu\text{s/cm}$) y green leaf (716 $\mu\text{s/cm}$), estos valores son mayores a lo reportado por Chamorro *et.al.*, (2016) y Carrión & Córdova (2020), los cuales obtuvieron valores de 149.80 $\mu\text{s/cm}$ y 121.2 $\mu\text{s/cm}$ respectivamente. Esto se pudo deber a la acumulación de sólidos, y al diseño del sistema con el que trabajaron los autores. De acuerdo con Racocy *et.al.*, (2004), en un sistema acuapónico se debe mantener rangos entre 300- 600 $\mu\text{s/cm}$, ya que si se reportan valores altos se podría

presentar toxicidad en las plantas y en caso de ser bajos habría una falta de nutrientes, también es importante no sobrepasar los 1500 $\mu\text{s}/\text{cm}$ para evitar afectaciones en la lechuga.

La variedad black rose obtuvo mayores valores en cuanto a los sólidos disueltos totales (406 ppm), seguido de red salad bowl (382 ppm) y green leaf (375 ppm), estos valores se encuentran dentro del rango recomendado por Racocy *et.al.*, (2004), el cual nos menciona que los niveles de sólidos disueltos totales no deben sobrepasar de 200 a 400 ppm. Autores como Alcocer (2017) también reportan niveles de TDS dentro del rango recomendado, mantener rangos óptimos es de suma importancia para el buen funcionamiento del sistema acuapónico y evitar afectaciones en los vegetales.

En cuanto al amonio se obtuvo los mismos valores en las tres variedades de lechuga siendo esta 0.03 mg/l, la cual se encuentra dentro de los parámetros normales para sistemas acuapónicos, los cuales son semejantes a lo reportado por Castro *et.al.*, (2020), el cual obtuvo valores de amonio por debajo de 0.05 mg/l, lo que refleja que hubo una adecuada transformación a nitrito por parte de las *Nitrosomonas sp.*

El nitrito obtuvo mayores valores para la variedad green leaf (0.19 mg/L) seguido de red salad bowl (0.19 mg/L) y black rose (0.16 mg/L), estos valores se encuentran dentro de los rangos normales para sistemas acuapónicos (<1) de acuerdo con la FAO (2014), a su vez al comparar con estudios en sistemas hidropónicos como lo realizado por Vizcarra (2023), se observan valores semejantes que no superan valores de 0.3 mg/L.

Se reportó mayores niveles de nitrato para la variedad black rose y red salad bowl con valores de 23.33 mg/L, estos niveles no sobrepasan lo recomendado para sistemas acuapónicos, lo cual evidencia que hubo una adecuada transformación de nitrito a nitrato por parte de las *Nitrobacter sp.* Estos valores reportados son semejantes a lo mencionado por Vizcarra (2023) en su evaluación de lechugas en sistemas hidropónicos.

- Beneficio neto y merito económico de las tres variedades de lechuga

Se observa que la variedad que resulta más económica es la variedad black rose ya que tiene mayores ingresos por la mayor producción de biomasa ya que para mostrar rentabilidad es necesario tener mayor productividad y un área más grande de cultivo como lo menciona Huallpa (2017), así mismo en los ingresos generados siempre es mayor de la venta de vegetales que los peces como lo menciona Intagri (2017), esto debido a su ciclo de producción más corto. Los valores económicos bajos mostrados en este trabajo es debido posiblemente a que solo se evaluó en un corto periodo de tiempo ya que Calderón *et al.*, (2019) menciona que el coste de inversión inicial es elevado observándose una recuperación de lo invertido en el segundo año de operación.

5.4. Aporte científico de la investigación

Los resultados del estudio nos permiten conocer el comportamiento y la capacidad que tienen las tres variedades de lechuga (green leaf, red salad bowl y black rose) de absorber de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio en sistemas acuapónicos, a su vez se da a conocer que este tipo de sistemas que fusionan el cultivo acuícola con el hidropónico se adaptan a pequeña escala, siendo eficientes en la producción de alimentos, el cual sería una buena alternativa para futuros proyectos en la región.

CONCLUSIONES

La absorción de nitrógeno, fósforo y potasio estuvo influenciada por la variedad de las lechugas, donde hubo una respuesta significativa en la absorción de fósforo, obteniendo mayores valores para la variedad green leaf, seguido de la variedad black rose.

En la determinación de las características agronómicas de las lechugas, se obtuvo una respuesta positiva en cuanto al desarrollo de las tres variedades de lechugas habiendo diferencia estadística significativa entre tratamientos para el número de hojas y el área foliar, siendo la variedad green leaf la que obtuvo mayores valores, seguido de la variedad black rose.

Los índices zootécnicos no reportan diferencia estadística significativa entre tratamientos a excepción del consumo diario de alimento.

En el monitoreo de la calidad de agua mediante la medición de parámetros fisicoquímicos, no se reportó diferencia estadística significativa entre tratamientos, a su vez se observó que niveles se mantuvieron dentro de los rangos recomendados para sistemas acuapónicos en las tres variedades de lechuga.

En cuanto al análisis económico de las tres variedades de lechuga, la variedad black rose es la que presenta mayor beneficio neto y mérito económico.

SUGERENCIAS

Profundizar en estudios sobre cultivos de vegetales que se produzcan en la región.

Desarrollar estudios a más profundidad abarcando a la población bacteriana de los biofiltros en los sistemas acuapónicos.

Plantear proyectos que implementen este tipo de sistemas en zonas rurales o urbanas con espacios limitados, permitiendo la producción de peces y vegetales para el consumo y comercialización.

En sistemas acuapónicos a gran escala se recomienda tener un monitoreo constante de la calidad de agua por medio de la medición de parámetros fisicoquímicos.

Se sugiere que los lodos producidos en el sistema acuapónico pasen por una descomposición aerobia, para que puedan ser incorporados nuevamente al sistema por su alto contenido de nutrientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcocer, P. M. 2017. Diseño y construcción de dos sistemas acuapónicos horizontales para la producción conjunta de peces dorados y lechugas. Sevilla. Universidad de Sevilla. 79 p.
- Andrade, H. 2016. Los desafíos de la agricultura. 1 ed. Buenos Aires, Argentina, Edit. IPNI. 136 p.
- Asto, D. 2018. Determinación del valor cultural de cuatro cultivares de semilla de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo las condiciones del valle Santa Catalina. Tesis para obtener el título profesional de agrónomo. Universidad Privada Antenor Orrego. 92p.
- Balbuena, R.; Ríos, M. 2011. Manual para extensionista en acuicultura. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Viceministerio de Ganadería. Viceministerio de Ganadería. FAO. 52 p.
- Bautista, C. J. C y Ruiz, V. J. M. 2011. Calidad de agua para el cultivo de Tilapia en tanques de geomembrana. Revista fuente. Año 3. Num 8. 10-14 p.
- Buzby K., Lin. L. 2014. Scaling aquaponic systems: Balancing plant uptake with fish output. Rev. Aquacultural Engineering. 63(1): 39- 44.
- Carrión. C., Córdova. L. 2020. Sistema acuapónico a partir de efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) para cultivo de *Lactuca Sativa* (Lechuga) en la región Lambayeque. Tesis de grado. Universidad Cesar Vallejo. Perú. 48p.
- Cárdenas, S. 2019. Visión general del sector acuícola nacional Perú. Departamento de pesca y acuicultura de la FAO. Roma. Boletín técnico. 15 p.
- Cáceres, G. 2013. Efecto del agua residual del cultivo de *Oreochromis niloticus* “tilapia” sobre el crecimiento de *Lactuca sativa* “lechuga” en sistema acuapónico continuo. Tesis Biólogo. Trujillo, Perú. Universidad Nacional de Trujillo. 69 p.
- Calderón, G., Olivas G., Álvarez, C., Ríos, V., Hernández, S. (2019). Factibilidad económica y financiera de un sistema de producción acuapónico de tilapia, lechuga y langostino de río en Delicias, Chihuahua, México Número 77: 5-11. <https://doi.org/10.33064/iycuaa2019772086>

- Calderón, N. 2013. Comportamiento agronómico de dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa L.*), sembradas mediante sistema hidropónico utilizando tres dosis de biol en el cantón Antonio Ante, provincia de Imbabura. Tesis Ing. Agrónomo. Carchi, Ecuador. Universidad Técnica de Babahoyo. 84 p.
- Castro. C., Mayorga. R., Paredes. C. 2020. Evaluación de la capacidad de absorción de nutrientes usando lechuga (*Lactuca sativa L*) en un sistema acuapónico de cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus.*). Tesis de grado. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Nicaragua. 59p.
- Culcos, F., Tucto, L. 2018. Producción de *Oreochromis niloticus var. Chitralada* “Tilapia gris” y *Lactuca sativa* “Lechuga” en un sistema acuapónico con diferentes densidades de peces. Tesis Lic. Biología -Pesquería. Lambayeque, Perú. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. 72 p.
- Chamorro. L., Guerrero. R., Arellano E., Anganoy. J., Botina. M., Bravo. S., Cuaran. B., Canchala. D., Caicedo. A., Castillo. E., Días. G., Días. K., Gamez. N., Mora. Y., Rosero. J. 2016. Producción de lechuga y arawana amazónica en sistema acuapónico. Rev. REVIP. 4(2):33-43.
- Choez. M. 2019. Cultivando lechuga (*Lactuca sativa L.*), bajo condiciones de hidroponía con concentraciones crecientes de una solución nutritiva a nivel de invernadero. Tesis de grado. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador. 68p.
- Delgado, A. 2020. Aprovechamiento de efluentes provenientes de los sistemas de recirculación acuícola del cultivo de tilapia (*oreochromis sp.*) en acuaponía. Tesis de maestría. Universidad Nacional Agraria la Molina. Peru. 144 p.
- Edinson. W., Moreno. S., Alina. Z. 2014. Sistema acuapónico del crecimiento de lechuga, *Lactuca sativa*, con efluentes de cultivo de tilapia. Rev. REBIOL. 34 (2): 60-72.
- Espinosa, M. 2015. Producción de tres especies de herbáceas utilizadas como filtros biológicos en sistemas acuapónicos para la producción intensiva de tilapia (*Oreochromis niloticus Var. Stirling*). Tesis Ma. Biociencias. Guanajuato, México. Universidad de Guanajuato. 120 p.

- FAO, 2014. Small-scale aquaponic food production Integrated fish and plant farming. food and agriculture organization of the united nations Rome, Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 589. 262 p.
- Fondepes. 2004. Manual de cultivo de tilapia. Editor, Alfredo R. palomino Ramos. 1ra edición. Perú. 112 p
- García, R. 1959. Horticultura, Segunda Edición, Editorial Salvat. Barcelona. España.
- Giaconi, V. y Escaff, M. 2001. Cultivo de Hortalizas. Editorial Universitaria. Chile. 336 p.
- Gonzales, P., Zepeda, L. 2013. Rendimiento de cinco variedades de lechuga *Lactuca sativa L.* tipo gourmet ciclo primavera-verano. Tesis Ing. Agrónomo Fitotecnista. San Luis de Potosí, México. Universidad Autónoma de San Luis de Potosí. 45 p.
- Guevara, B. 2020. Efecto de bioabono de efluentes de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en el cultivo de culantro (*Coriandrum sativum*) en un sistema acuapónico, Chiclayo. Tesis. Ing. Ambiental. Chiclayo, Perú. Universidad Cesar Vallejo. 82 p.
- Gutiérrez, Q. 2011. Comportamiento de tres cultivares de lechuga (*Lactuca sativa L.*), evaluados al aire libre en Valdivia. Tesis. Ing. Agrónomo. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. 76 p.
- Guzmán, G., Hurtado, R. 2018. Determinación de la viabilidad de implementar un cultivo acuapónico en la ciudad de Sincelejo. Tbj. Tecnología en Horticultura. Bogotá, Colombia. Universidad Militar Nueva Granada. 109 p.
- Gutiérrez, J. 2011. Producción hidropónica de lechuga con y sin recirculación de solución nutritiva. Tesis. Horticultura. Texcoco, México. Universidad Autónoma de Chapingo. 4-9 p.
- Huallpa, Q. 2017. Balance de biomasa entre la tilapia *Oreochromis niloticus* y pepino dulce *Solanum muricatum* en sistemas de acuaponía por NFT (Nutrient Film Technique) que genera rentabilidad económica. Tesis para optar el grado de maestro en ciencias con mención en proyectos de inversión Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. 173 p.
- INTAGRI. 2017. Acuaponía para la Producción de Plantas y Peces. Serie Horticultura Protegida Núm. 32. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 6 p.

<https://www.intagri.com/articulos/horticultura-prottegida/acuaponia-produccion-de-plantas-y-peces>

- INFOAGRO. 2016. Manual del cultivo de lechuga. Obtenido de <http://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm>
- La Rosa, V. 2015. Cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*), bajo condiciones del valle de Rímac, Lima. Tesis para optar le grado de ingeniero agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Molina. 56p.
- López, C. 2001. Respuesta de dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa L.*) a la aplicación de tres bioactivadores. Cumbayá Pichincha. Tesis de Grado Ing. Agr. Quito, Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. 5 - 6 p.
- Lema, P.D. 2017. Evaluación de tres soluciones nutritivas en hidroponía en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa l.*) var. *crispa*, en invernadero. Tesis Ing. Agrónomo. Riobamba, Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 118p.
- Loy, B. 2021. Productividad de lechuga (*Lactuca sativa L.*) en asociación con la tilapia bajo un sistema de acuaponía en el Cantón Guayaquil, provincia de Guayas. Tesis Ing. Agrónomo. Guayaquil. Ecuador. 74p.
- Manzano, O.J. 2018. Evaluación de tres dosis de potasio en la producción de *lechuga* (*Lactuca sativa L.*) var.*crispa* bajo el sistema hidropónico en invernadero. Tesis. Ing. Agrónomo. Riobamba, Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 123 p.
- Maroto, J. 1983. Horticultura para Aficionados, Mundi Prensa Madrid 172-174. p.
- Mendiola, G. 2015. Evaluación de la capacidad de remoción de compuestos nitrogenados y fosfatos utilizando diferentes sustratos en los filtros biológicos de sistemas acuapónicos. Tesis Lic. Ing. Ambiental. Guanajuato, México. Universidad de Guanajuato. 93 p.
- Merlin, C., Martinez, Y. 2015. Capacidad de absorción de nitratos de plantas acuáticas cultivadas en acuaponía. Rev. Jóvenes en la ciencia. México. 1(2): 24-28.
- Montesdeoca, N. (2009). Caracterización física, química y funcional de la lechuga rizada (*lactuca sativa variedad crispa*), para la creación de una norma técnica ecuatoriana, por parte del Instituto Ecuatoriano de Normalización.

Universidad Tecnológica Equinoccial.
 <<http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/5182>>

- Morales, H. 2019. Diseño, construcción y evaluación de un sistema acuapónico prototipo, aplicado a tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) y albahaca (*Ocimum basilicum*). Tesis. Ing. Pequero Acuicultor. Lima, Peru. Universidad Nacional Federico Villareal. 115 p.
- Mora, C. 2013. Concentración de los principales macronutrientes del cultivo de *Oreochromis niloticus* “tilapia” sobre *Lactuca sativa* “lechuga” en sistema acuapónico. Tesis Biólogo. Trujillo, Perú. Universidad Nacional de Trujillo. 58 p.
- Moreno, S., Zafra, T. 2014. Sistema acuapónico del crecimiento de lechuga, *Lactuca sativa*, con efluentes de cultivo de tilapia. Rev. Rebiol. Trujillo. 34 (2):1-13.
- Muñoz, G. 2012. Sistemas de recirculación acuapónicos. revista Informador Técnico. Colombia. Edición 76. 123-129 p.
- Nicovita. 2002. Manual de crianza de tilapia. [En línea]: (<http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual%20de%20crianza%20de%20tilapia.pdf>, 24 ag. 2019).
- Rakocy J., Masser M., Losordo T. (2006). Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics-Integrating fish and plant culture. *Southern Regional Aquaculture Center (SRAC)*. Publication N° 454. https://www.researchgate.net/publication/284496499_Recirculating_aquaculture_tank_production_systems_Aquaponics-Integrating_fish_and_plant_culture
- Ramírez, B., Sagobal, B., Gomez, R., Rodriguez, C., Hurtado, G. 2009. Montaje y evaluación preliminar de un sistema acuapónico goldfish-lechuga. Revista, facultad de ciencias básicas Volumen 5 • Número 1 • Páginas 154-170
- Ramirez, N. 2022. Efecto de tres estimulantes radiculares en las características Morfo-productivas de la lechuga (*Lactuca sativa L.*) hidropónica. Tesis de grado. Universidad Nacional de Tumbes. Perú. 47p.

- Rincon. S. 2001. Necesidades hídricas, absorción de nutrientes y respuesta a la fertilización nitrogenada de la lechuga iceberg. Tesis doctoral. Universidad de Murcia. España. 60p.
- Rodríguez. G., Rubio. C., García. U., Montoya. M. Magallón. B. 2015. Análisis técnico de la producción de tilapia (*oreochromis niloticus*) y lechuga (*lactuca sativa*) en dos sistemas de acuaponía. *agro productividad*, 8(3).
- Rodríguez. M. 2021. Producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en hidroponía cantón Guayaquil, provincia del Guayas. Tesis de grado. Universidad de Guayaquil. Ecuador. 71p.
- Rodríguez, A., Chang, M., Hoyos, M., & Falcón, F. (2004). Manual Práctico de Hidroponía (4ª ed.). Universidad Nacional Agraria la Molina: Mekanobooks E.I.R.L.
- Rondán, A. J. 2013. Propagación sexual y asexual de la Erythrina (*Erythrina poeppigiana* (Walpes y Cook)) en dos tipos de sustratos y su relación con la inoculación simbiótica en Tingo María. Tesis. Ing. Agrónomo. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 34p.
- Rubio C. S. G. (2012). Análisis técnico de producción de tilapia *Oreochromis niloticus* y lechuga acrópolis *Lactuca sativa* en acuaponía. Tesis de maestría. Mexico. 73p
- Sabwa, A. J., Manyala, O. J., MasesE, F.O. y Fitzsimmons, K. (2022). Effect of stocking density on growth performance of monosex Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in the aquaponic system integrated with lettuce (*Lactuca sativa*). *Aquaculture and Fisheries* 7, 328–335. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2021.03.002>
- Savidov, N. 2004. Evaluation and Development of Aquaponics Production and Product Market Capabilities in Alberta. Ids Initiatives Fund Final Report. Project #679056201
- Saviolo O, J., Carmo, C. F., Silva C. M., Duarte G. M., Peixoto, A. C., Vazdos S. A., & Mercante, C. T. J. (2020). Nitrogen and phosphorus removal from fish farming effluents using artificial floating islands colonized by Eichhornia

- crassipes. Rev. Aquaculture Reports, (17). 1-8. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100324>.
- Segura, G.S., Balois, G.R. 2017. Producción acuapónica de *Lactuca sativa* “lechuga” utilizando efluentes del cultivo de *Oreochromis niloticus* “Tilapia gris” (línea chitralada), en laboratorio. Tesis Blgo. Acuicultor. Chimbote, Perú. Universidad Nacional del Santa. 89 p.
- Sepúlveda. P. 2021. Evaluación de la respuesta de lechuga (*Lactuca sativa*) cv. crespa verde a diferentes fuentes de fertilización mineral, orgánica y organomineral. Tesis de grado. Universidad de Ciencias Ambientales y Aplicadas. Colombia. 2021.
- Timmons M.B., Ebeling J.M., Wheaton F.W, Summerfelt S.T. Y Vinci B.J.2002.Sistemas de Recirculación para la Acuicultura. Editado por Fundación Chile. Santiago Chile. pp. 207-258; 278- 279.
- Tsang, S. y Quintanilla, M. 2008. Manual sobre producción de tilapia. Cendepesca. El Salvador. Primera edición. 64p.
- Velasco. J., Aguirre. G., Ortuño. N. 2016. Humus líquido y microorganismos para favorecer la producción de lechuga (*Lactuca sativa var. Crespa*) en cultivo de hidroponía. Rev. Selva Andina Research Society. 4(2):1-13.
- Vizcarra. V. 2023. Uso del efluente de cultivo de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) en un módulo de cultivo hidropónico de lechuga (*Lactuca sativa*). Tesis de grado. Universidad Nacional Agraria de la Molina. Perú. 101 p.
- Wahyuningsih, S., Effendi, H., & Wardiatno, Y. (2015). Nitrogen removal of aquaculture wastewater in aquaponic recirculation system. AACL Bioflux, 8(4), 491–499.
- Yang T. y Kim H. (2020) Comparisons of nitrogen and phosphorus mass balance for tomato-, basil-, and lettuce-based aquaponic and hydroponic systems. Journal of Cleaner Production 274 (2020) 122619. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122619>

ANEXOS

ANEXO 01

MATRIZ DE CONSISTENCIA

ABSORCIÓN DE NITROGENO, FÓSFORO Y POTASIO DE TRES VARIEDADES DE LECHUGA (*Lactuca sativa L.*) EN ACUAPONIA CON TILAPIA (*Oreochromis niloticus*)

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	TIPO DE INVESTIGACION
<p>Problema general</p> <p>¿Cuál será la capacidad de absorción de nitrógeno, fósforo y potasio de las tres variedades de lechuga en acuaponía con producción de tilapia?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Evaluar la capacidad de absorción de nitrógeno, fósforo y potasio de tres variedades de lechuga en acuaponía con cultivo de tilapia.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>La capacidad de absorción de nitrógeno, fósforo y potasio en los sistemas acuapónicos con producción de tilapias, estuvo influenciado por la variedad de la lechuga, obteniendo mayores valores para la variedad green leaf.</p>	<p>Variable independiente</p> <p>Tres variedades de lechuga</p> <p>Indicadores:</p> <p>Porcentaje de absorción de nitrógeno, fósforo y potasio de las tres variedades de lechuga</p>	<p>1. Tipo de investigación Experimental</p> <p>2. Nivel de investigación Aplicada</p> <p>3. Población 540 plantas (180 <i>Lactuca sativa L.</i> var. green leaf, 180 <i>Lactuca sativa L.</i> var. black rose y 180 <i>Lactuca sativa L.</i> var. red salad bowl).</p>
<p>Problemas específicos</p> <p>¿Qué variedad de lechuga tendrá mayor absorción de nitrógeno, fósforo y potasio?</p>	<p>Objetivos específicos</p> <p>Evaluar la absorción de nitrógeno, fósforo y potasio de las tres variedades de lechuga (<i>Lactuca sativa L.</i> var. green leaf, <i>Lactuca sativa L.</i> var. black rose y <i>Lactuca sativa L.</i> var. red salad bowl).</p>	<p>Hipótesis específicas</p> <p>La absorción de N, P, K en los sistemas acuapónicos, estuvo influenciado por la variedad de lechuga</p>	<p>Variable dependiente</p>	

¿Cuál de las tres variedades de lechuga presentara mejor adaptación en el sistema acuapónico con respecto a las características agronómicas?	-Determinar las características agronómicas (número de hojas, longitud, área foliar, volumen radicular y biomasa vegetal) de las tres variedades de lechuga.	Las características agronómicas como número de hojas, altura, área foliar, volumen radicular y peso fresco estuvieron influenciadas por la variedad de las lechugas.	1. Absorción de Nitrógeno, Fósforo, Potasio Indicadores: 1. mg/l de N, P, K 2. Número de hojas, longitud, área foliar, volumen radicular, biomasa vegetal	4. Muestra 216 plantas (72 Lactuca sativa L. var. green leaf, 72 Lactuca sativa L. var. black rose y 72 Lactuca sativa L. var. red salad bowl).
¿Las tilapias presentaran niveles óptimos de ganancia de peso, longitud, porcentaje de mortalidad y consumo de alimento?	-Evaluar los índices zootécnicos de las tilapias (velocidad de crecimiento en peso, consumo diario de alimento, conversión alimenticia aparente, velocidad de crecimiento en longitud y factor de condición)	Las variedades de las lechugas influyeron en los índices zootécnicos de las tilapias.	3. Ganancia de peso, ganancia de longitud, porcentaje de mortalidad, consumo de alimento	5. Técnicas de recolección de datos Apuntes
¿La calidad de agua del sistema acuapónico será óptimo para el desarrollo de las lechugas y tilapias?	-Monitorear la calidad de agua de los sistemas acuapónicos (pH, temperatura, TDS, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, amoniacado, nitrato y nitrito).	La calidad de agua de los sistemas acuapónicos estuvo influenciada por las variedades de las lechugas	4. Amonio, nitrito, nitrato, OD, pH, temperatura, conductividad, TDS.	6. Instrumentos de recolección de datos Se usará materiales de laboratorio
¿Cuál será el beneficio neto y el mérito económico que se obtenga de las tres variedades de lechuga cultivadas en acuaponía?	-Estimar el beneficio neto y mérito económico de las tres variedades de lechuga.		5. Beneficio neto en soles por tratamiento	7. Diseño de investigación Se considerará el Diseño Completamente al Azar (DCA). Con 3 tratamientos, 4 repeticiones, teniendo un total de 12 unidades experimentales

ANEXO 02

RESULTADOS DE LABORATORIO DE NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Ecotoxicología
 Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - Celular 944407531
analisisdesuelosunas@hotmail.com

**ANALISIS ESPECIAL**

SOLICITANTE:			AGUIRE GOMEZ FIORELLA MARILU					PROCEDENCIA			FACULTAD DE ZOOTECNIA UNAS - RUPA RUPA - LEONCIO PRADO - HUANUCO						
DATOS DE LA MUESTRA			ANALISIS PROXIMAL					N (%)	RESULTADOS EN BASE SECA								
			Humedad Hd (%)	EN BASE HUMEDA		EN BASE SECA			PORCENTAJE (%)				PARTES POR MILLON (ppm)				
Código	REFERENCIA	Hd (%)		MATERIA SECA		MATERIA SECA		PORCENTAJE (%)				PARTES POR MILLON (ppm)					
			Materia Organica (%)	Cenizas (%)	Materia Organica (%)	Cenizas (%)	P ₂ O ₅ (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	K (%)	Cu ppm	Fe ppm	Zn ppm	Mn ppm		
M 750	FOLIARES	AQUATECH 40%	--	--	--	--	--	5.43	1.35	--	--	--	0.61	--	--	--	--
M 751	FOLIARES	T 1	--	--	--	--	--	2.48	0.57	--	--	--	1.82	--	--	--	--
M 752	FOLIARES	T 2	--	--	--	--	--	3.04	0.51	--	--	--	1.88	--	--	--	--
M 753	FOLIARES	T 3	--	--	--	--	--	3.32	0.13	--	--	--	1.65	--	--	--	--
M 754	FOLIARES	T1R1	--	--	--	--	--	3.02	1.66	--	--	--	1.48	--	--	--	--
M 755	FOLIARES	T1R2	--	--	--	--	--	3.02	1.81	--	--	--	1.57	--	--	--	--
M 756	FOLIARES	T1R3	--	--	--	--	--	3.10	1.86	--	--	--	1.46	--	--	--	--
M 757	FOLIARES	T1R4	--	--	--	--	--	2.96	1.91	--	--	--	1.52	--	--	--	--
M 758	FOLIARES	T2R1	--	--	--	--	--	3.12	1.36	--	--	--	1.21	--	--	--	--
M 759	FOLIARES	T2R2	--	--	--	--	--	3.11	1.41	--	--	--	1.41	--	--	--	--
M 760	FOLIARES	T2R3	--	--	--	--	--	3.12	1.23	--	--	--	1.38	--	--	--	--
M 761	FOLIARES	T2R4	--	--	--	--	--	3.11	1.22	--	--	--	1.22	--	--	--	--
M 762	FOLIARES	T3R1	--	--	--	--	--	3.23	1.66	--	--	--	1.47	--	--	--	--
M 763	FOLIARES	T3R2	--	--	--	--	--	3.13	1.99	--	--	--	1.59	--	--	--	--
M 764	FOLIARES	T3R3	--	--	--	--	--	3.11	1.74	--	--	--	1.29	--	--	--	--
M 765	FOLIARES	T3R4	--	--	--	--	--	3.40	1.89	--	--	--	1.12	--	--	--	--

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
 RECIBO N° 001-633249
 Tingo María 06 de Setiembre 2021

Aguires
 FIORELLA MARILU



VND: VALOR NO DETECTABLE

ANEXO 03

CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO

TRATAMIENTO	REPETICION	PESO FRESCO INICIAL DE LA LECHUGA (PFI) (g)	MATERIA SECA INICIAL DE LA LECHUGA (MSI) (%)	(1): PESO INICIAL DE LA LECHUGA TENIENDO EN CUENTA EL %MS (g)	PESO FRESCO FINAL DE LA LECHUGA (PFF) (g)	MATERIA SECA FINAL DE LA LECHUGA (MSF) (%)	(2): PESO FINAL DE LA LECHUGA TENIENDO EN CUENTA EL %MS (g)	(3): PESO TOTAL DE LA LECHUGA TENIENDO EN CUENTA EL %MS (g)	PORCENTAJE DE NITROGENO EN LA LECHUGA REPORTADO EN LABORATORIO (%N.L)	PORCENTAJE DE FOSFORO EN LA LECHUGA REPORTADO EN LABORATORIO (%P.L)	PORCENTAJE DE POTASIO EN LA LECHUGA REPORTADO EN LABORATORIO (%K.L)	(4): NITROGENO CONTENIDO EN LA LECHUGA (g)	(5): FOSFORO CONTENIDO EN LA LECHUGA (g)	(6): POTASIO CONTENIDO EN LA LECHUGA (g)
GREEN LEAF	T1R1	6.60	3.74	0.25	729.90	4.18	30.48	30.23	3.02	0.72	1.48	0.91	0.22	0.45
GREEN LEAF	T1R2	6.10	3.74	0.23	841.80	3.87	32.57	32.34	3.02	0.79	1.57	0.98	0.26	0.51
GREEN LEAF	T1R3	6.30	3.74	0.24	1136.60	3.39	38.50	38.27	3.10	0.81	1.46	1.19	0.31	0.56
GREEN LEAF	T1R4	6.40	3.74	0.24	1029.90	4.08	41.98	41.75	2.96	0.83	1.52	1.24	0.35	0.63
RED SALAD BOWL	T2R1	8.10	4.47	0.36	1035.90	4.37	45.29	44.92	3.12	0.59	1.21	1.40	0.27	0.54
RED SALAD BOWL	T2R2	7.90	4.47	0.35	662.70	3.75	24.84	24.49	3.11	0.62	1.41	0.76	0.15	0.35
RED SALAD BOWL	T2R3	8.10	4.47	0.36	786.00	4.11	32.29	31.93	3.12	0.54	1.38	1.00	0.17	0.44
RED SALAD BOWL	T2R4	8.10	4.47	0.36	1036.60	4.50	46.61	46.25	3.11	0.53	1.22	1.44	0.25	0.56
BLACK ROSE	T3R1	8.90	4.63	0.41	961.10	4.08	39.18	38.77	3.23	0.72	1.47	1.25	0.28	0.57
BLACK ROSE	T3R2	8.20	4.63	0.38	1066.30	3.67	39.18	38.80	3.13	0.87	1.59	1.21	0.34	0.62
BLACK ROSE	T3R3	8.30	4.63	0.38	1033.00	4.40	45.40	45.02	3.11	0.76	1.29	1.40	0.34	0.58
BLACK ROSE	T3R4	8.60	4.63	0.40	1056.50	4.73	49.98	49.58	3.40	0.83	1.12	1.69	0.41	0.56

NITROGENO TOTAL QUE INGRESO POR EL ALIMENTO (N.A) (g)	FOSFORO TOTAL QUE INGRESO POR EL ALIMENTO (P.A) (g)	POTASIO TOTAL QUE INGRESO POR EL ALIMENTO (K.A) (g)	NITROGENO ASIMILADO POR EL PEZ (N.P)(g)	FOSFORO ASIMILADO POR EL PEZ (P.P)(g)	POTASIO ASIMILADO POR EL PEZ (K.P)(g)	(7): NITROGENO INGRESADO POR EL ALIMENTO TENIENDO EN CUENTA LO ASIMILADO POR EL PEZ (g)	(8): FOSFORO INGRESADO POR EL ALIMENTO TENIENDO EN CUENTA LO ASIMILADO POR EL PEZ (g)	(9): POTASIO INGRESADO POR EL ALIMENTO TENIENDO EN CUENTA LO ASIMILADO POR EL PEZ (g)	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE NITROGENO (%R.N)	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE FOSFORO (%R.P)	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE POTASIO (%R.K)
16.44	1.78	1.85	5.72	1.3227	0.764	10.72	0.46	1.08	8.52	47.45	41.34
15.39	1.67	1.73	5.65	1.3068	0.755	9.74	0.36	0.97	10.03	70.29	52.16
16.17	1.76	1.82	5.75	1.3312	0.769	10.42	0.42	1.05	11.38	73.15	53.32
16.20	1.76	1.82	5.84	1.3520	0.781	10.36	0.41	1.04	11.93	85.63	61.10
16.58	1.80	1.86	5.71	1.3221	0.764	10.87	0.48	1.10	12.90	55.81	49.47
16.70	1.81	1.88	5.74	1.3276	0.767	10.96	0.49	1.11	6.95	31.06	31.14
17.01	1.85	1.91	5.77	1.3342	0.771	11.25	0.51	1.14	8.86	33.45	38.65
16.17	1.76	1.82	4.95	1.1447	0.661	11.23	0.61	1.16	12.81	40.30	48.83
17.01	1.85	1.91	5.89	1.3636	0.788	11.12	0.48	1.12	11.26	58.16	50.75
17.13	1.86	1.92	5.76	1.3326	0.770	11.37	0.53	1.15	10.68	63.95	53.44
16.82	1.83	1.89	5.33	1.2339	0.713	11.49	0.59	1.18	12.19	57.76	49.36
17.01	1.85	1.91	5.06	1.1715	0.677	11.95	0.68	1.23	14.11	60.59	45.00

(1) = $\frac{MSI \times PFI}{100}$	(7) = $N.A - N.P$	(9) = $K.A - K.P$
(2) = $\frac{MSF \times PFF}{100}$	(8) = $P.A - P.P$	
(3) = (2) - (1)	% Remocion de Nitrogeno = $\frac{((7) - ((7) - (4)))}{(7)} \times 100$	
(4) = $\frac{\%N.L \times (3)}{100}$	% Remocion de Fosforo = $\frac{((8) - ((8) - (5)))}{(8)} \times 100$	
(5) = $\frac{\%P.L \times (3)}{100}$	%Remocion de Potasio = $\frac{((9) - ((9) - (6)))}{(9)} \times 100$	
(6) = $\frac{\%K.L \times (3)}{100}$		

ANEXO 04

ANÁLISIS DE COSTOS POR TRATAMIENTO.

Aspecto	Unidad	Green leaf			Red salad bowl			Black rose		
		Cantidad	Costo unitario s/	Subtotal	Cantidad	Costo unitario	Subtotal	Cantidad	Costo unitario	Subtotal
Costos fijos (CF)										
Mano de obra	jornal	1.1	35	38.5	1.1	35	38.5	1.1	35	38.5
Sistema acuapónico	unidad	1	15	15	1	15	15	1	15	15
Peces	kg	0.5	15	7.5	0.5	15	7.5	0.5	15	7.5
Semilla de lechuga	unidad	1	3	3	1	3	3	1	3	3
Costos variables (CV)										
Alimento balanceado	kg	1.344	4	5.376	1.359	4	5.436	1.423	4	5.692
energía eléctrica	unidad	1	2	2	1	2	2	1	2	2
Agua	unidad	1	0.2	0.2	1	0.2	0.2	1	0.2	0.2
Costo total				71.576			71.636			71.892

ANEXO 05

ANÁLISIS DE INGRESOS POR TRATAMIENTO

Descripción	Green leaf	Red salad bowl	Black rose
Peso por pez (g)	15.27	14.95	14.88
Peso por planta (g)	51.9	48.9	57.2
Precio por kg de pescado	15	15	15
Precio por 250 gr de lechuga orgánico	2.6	2.6	2.6
Ingreso por tilapia	22.91	22.43	22.32
Ingreso por lechuga	54.0	50.9	59.5
Ingreso total	76.90	73.29	81.78

ANEXO 06

DATOS INICIALES Y FINALES DE LOS PARÁMETROS EVALUADOS

a) Características agronómicas

DIA	Número de hoja		
	T1 (Green leaf)	T2 (Red salad bowl)	T3 (Black rose)
0 (06/06/21)	3	3	3
9 (15/06/21)	4.9	4.5	4.7
18 (24/06/21)	5.5	4.9	5.1
27 (03/07/21)	6.2	5.7	5.9
36 (12/07/21)	7.0	6.4	6.7
45 (21/07/21)	10.2	8.3	8.8

DIA	Altura (cm)		
	T1 (Green leaf)	T2 (Red salad bowl)	T3 (Black rose)
0 (06/06/21)	10.2	7.4	9.0
9 (15/06/21)	16.7	13.9	15.2
18 (24/06/21)	24.4	19.8	21.0
27 (03/07/21)	29.6	26.5	27.5
36 (12/07/21)	34.9	33.1	34.1
45 (21/07/21)	42.2	39.5	40.0

DIA	Área foliar (dm ²)		
	T1 (Green leaf)	T2 (Red salad bowl)	T3 (Black rose)
0 (07/06/21)	0.22	0.24	0.31
45 (21/07/21)	18.0	13.9	17.9

DIA	Volumen radicular (ml)		
	T1 (Green leaf)	T2 (Red salad bowl)	T3 (Black rose)
0 (07/06/21)	0.05	0.06	0.08
45 (21/07/21)	2.0	2.2	2.5

DIA	Peso fresco (gr)		
	T1 (Green leaf)	T2 (Red salad bowl)	T3 (Black rose)
0 (07/06/21)	0.35	0.45	0.47
45 (21/07/21)	51.9	48.9	57.2

b) Índices zootécnicos

Tratamiento	Repetición	Promedio peso inicial (g)	Promedio peso final (g)	VCP (g/día)	Consumo total (g)	Consumo de alimento diario por pez (CDA) (gr/día)	Conversión alimenticia aparente (CAA) (g)	Promedio de longitud inicial (cm)	Promedio de longitud final (cm)	VCL (cm/día)	FC (Factor de condición) (%)
Green leaf	R1	5.5416	15.3092	0.22	13.76	0.306	1.409	6.95	8.94	0.044	2.14
Green leaf	R2	5.584	15.234	0.21	12.88	0.286	1.335	6.84	8.99	0.048	2.10
Green leaf	R3	5.32	15.15	0.22	13.54	0.301	1.377	7.00	8.72	0.038	2.28
Green leaf	R4	5.408	15.392	0.22	13.56	0.301	1.358	7.08	8.88	0.040	2.20
Red salad bowl	R1	5.48	15.2428	0.22	13.88	0.308	1.422	6.80	8.82	0.045	2.22
Red salad bowl	R2	5.604	15.4076	0.22	13.98	0.311	1.426	6.96	8.83	0.042	2.24
Red salad bowl	R3	5.312	15.1644	0.22	12.94	0.288	1.313	6.91	8.80	0.042	2.23
Red salad bowl	R4	5.536	13.9888	0.19	13.54	0.301	1.602	6.86	8.38	0.034	2.37
Black rose	R1	5.312	15.3812	0.22	14.24	0.316	1.414	7.10	8.47	0.030	2.53
Black rose	R2	5.512	15.3528	0.22	14.34	0.319	1.457	6.94	8.87	0.043	2.20
Black rose	R3	5.588	14.7	0.20	14.08	0.313	1.545	7.00	8.95	0.043	2.05
Black rose	R4	5.424	14.0748	0.19	14.24	0.316	1.646	7.01	8.87	0.041	2.02

VCP: Velocidad de crecimiento en peso; VCL: Velocidad de crecimiento en longitud

c) Calidad de agua

Evaluación	Oxígeno disuelto (mg/l)		
	T1 (Green leaf)	T2 (Red salad bowl)	T3 (Black rose)
DIA 0 (06/06/21)	5.4	5.4	5.3
DIA 5 (11/06/21)	5.5	5.4	5.5
DIA10 (16/06/21)	5.5	5.5	5.5
DIA 15 (21/06/21)	5.8	6.0	5.9
DIA 20 (26/06/21)	6.1	6.0	6.5
DIA 25 (01/07/21)	6.6	6.4	6.5
DIA 30 (06/07/21)	5.6	5.8	5.8
DIA 35 (11/07/21)	5.8	6.0	5.8
DIA 40 (16/07/21)	5.8	5.8	5.7
DIA 45 (21/07/21)	6.0	5.7	5.9

Evaluación	pH		
	T1 (Green leaf)	T2 (Red salad bowl)	T3 (Black rose)
DIA 0 (06/06/21)	7.0	6.9	7.0
DIA 5 (11/06/21)	7.0	6.9	7.0
DIA10 (16/06/21)	7.1	7.0	6.9
DIA 15 (21/06/21)	7.0	6.9	6.9
DIA 20 (26/06/21)	7.0	6.9	7.0
DIA 25 (01/07/21)	7.0	7.0	6.9
DIA 30 (06/07/21)	7.0	6.6	6.9
DIA 35 (11/07/21)	6.7	6.9	7.0
DIA 40 (16/07/21)	6.9	7.0	6.9
DIA 45 (21/07/21)	7.1	7.1	7.0

Evaluación	Conductividad eléctrica ($\mu\text{s}/\text{cm}$)		
	T1 (Green leaf)	T2 (Red salad bowl)	T3 (Black rose)
DIA 0 (06/06/21)	677.50	640.00	637.50
DIA 5 (11/06/21)	482.50	630.00	625.00
DIA10 (16/06/21)	627.50	610.00	675.00
DIA 15 (21/06/21)	730.0	765.0	747.5
DIA 20 (26/06/21)	732.5	780.0	777.5
DIA 25 (01/07/21)	727.5	780.0	837.5
DIA 30 (06/07/21)	805.0	872.5	882.5
DIA 35 (11/07/21)	785.0	862.5	862.5
DIA 40 (16/07/21)	797.5	850.0	905
DIA 45 (21/07/21)	797.5	865.0	915.0

Evaluación	Solidos disueltos totales (mg/l)		
	T1 (Green leaf)	T2 (Red salad bowl)	T3 (Black rose)
DIA 0 (06/06/21)	347.5	300.0	320.0
DIA 5 (11/06/21)	352.5	325.0	305.0
DIA10 (16/06/21)	327.5	302.5	325.0
DIA 15 (21/06/21)	347.5	377.5	370.0
DIA 20 (26/06/21)	350.0	397.5	415.0
DIA 25 (01/07/21)	370.0	392.5	432.5
DIA 30 (06/07/21)	392.5	415.0	470.0
DIA 35 (11/07/21)	430.0	457.5	460.0
DIA 40 (16/07/21)	387.5	422.5	492.5
DIA 45 (21/07/21)	450.0	432.5	472.5

Evaluación	Amonio (NH ₄)		
	T1 (Green leaf)	T2 (Red salad bowl)	T3 (Black rose)
1 (07/06/21)	0.00	0.00	0.00
2 (29/06/21)	0.05	0.05	0.05
3 (21/07/21)	0.05	0.05	0.05

Evaluación	Nitrito (NO ₂ -)		
	T1 (Green leaf)	T2 (Red salad bowl)	T3 (Black rose)
1 (07/06/21)	0.20	0.20	0.13
2 (29/06/21)	0.18	0.18	0.18
3 (21/07/21)	0.18	0.18	0.18

Evaluación	Nitrate (NO ₃)		
	T1 (Green leaf)	T2 (Red salad bowl)	T3 (Black rose)
1 (07/06/21)	10.00	10.00	10.00
2 (29/06/21)	30.00	30.00	30.00
3 (21/07/21)	30.00	30.00	30.00

ANEXO 07

FOTOGRAFÍAS



Figura 4. Limpieza del laboratorio para la construcción de los sistemas acuapónicos



Figura 5. Construcción de los sistemas acuapónicos



Figura 6. Captación del agua superficial que se usó en los sistemas acuapónicos



Figura 7. Instalación de los sistemas acuapónicos



Figura 8. Selección de la grava de río para los filtros biológicos



Figura 9. Selección del sustrato para la germinación de las lechugas



Figura 10. Selección de las tilapias



Figura 11. Pesado del alimento Aquatech para el consumo de las tilapias



Figura 12. Germinación de las lechugas



Figura 13. Desarrollo agronómico de las lechugas



Figura 14. Medición de Índices Zootécnicos



Figura 15. Medición de parámetros fisicoquímicos



Figura 16. Determinación de amonio, nitrito y nitrato

NOTA BIOGRÁFICA



Nacida en el distrito de Huánuco, provincia de Huánuco y departamento de Huánuco. Curso estudios de educación básica regular en la I.E. Santiago Antúnez de Mayolo (primaria) y en el colegio particular San Agustín (secundaria). Los estudios superiores los desarrolló en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, logrando el grado de bachiller en ciencias ambientales y título profesional de Ingeniera Ambiental

Culminó los estudios de posgrado en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, mención en Gestión Ambiental. En cuanto a la experiencia laboral inicio como practicante en el Gobierno Regional de Huánuco, posteriormente laboró en empresas piscícolas y en la municipalidad distrital de Amarilis.

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
 LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DEL CONSEJO DIRECTIVO N° 099-2019-SUNEDU/CD



Huánuco – Perú

ESCUELA DE POSGRADO

Campus Universitario, Pabellón V "A" 2do. Piso – Cayhuayna
 Teléfono 514760 -Pág. Web. www.posgrado.unheval.edu.pe



ACTA DE DEFENSA DE TESIS DE MAESTRO

En la Plataforma Microsoft Teams de la Escuela de Posgrado, siendo las **19:00h**, del día viernes **01 DE SETIEMBRE DE 2023** ante los Jurados de Tesis constituido por los siguientes docentes:

Dra. Ana Maria MATOS RAMIREZ
 Dr. Pedro Getulio VILLAVICENCIO GUARDIA
 Mg. Ruth Lida CORDOVA RUIZ

Presidenta
 Secretario
 Vocal

Asesor (a) de tesis: Dr. Rizal Alcides ROBLES HUAYNATE (Resolución N° 0653-2021-UNHEVAL/EPG-D)

La aspirante al Grado de Maestro en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, mención en Gestión Ambiental, Doña Fiorella Marilu AGUIRRE GOMEZ.

Procedió al acto de Defensa:

Con la exposición de la Tesis titulado: **“ABSORCIÓN DE NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO DE TRES VARIEDADES DE LECHUGA (*Lactuca sativa L.*) EN ACUAPONÍA CON TILAPIA (*Oreochromis niloticus*)”**.

Respondiendo las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y público asistente.

Concluido el acto de defensa, cada miembro del Jurado procedió a la evaluación de la aspirante al Grado de Maestro, teniendo presente los criterios siguientes:

- Presentación personal.
- Exposición: el problema a resolver, hipótesis, objetivos, resultados, conclusiones, los aportes, contribución a la ciencia y/o solución a un problema social y recomendaciones.
- Grado de convicción y sustento bibliográfico utilizados para las respuestas a las interrogantes del Jurado y público asistente.
- Dicción y dominio de escenario.

Así mismo, el Jurado plantea a la tesis **las observaciones** siguientes:

.....

Obteniendo en consecuencia la Maestría la Nota de Diecisiete (17)
 Equivalente a Muy Bueno, por lo que se declara Aprobado
 (Aprobado o desaprobado)

Los miembros del Jurado firman el presente **ACTA** en señal de conformidad, en Huánuco, siendo las 21:20 horas de 01 de setiembre de 2023.

.....
SECRETARIO
 DNI N° 82406521

.....
PRESIDENTE
 DNI N° 07559836

.....
VOCAL
 DNI N° 22520276

Leyenda:
 19 a 20: Excelente
 17 a 18: Muy Bueno
 14 a 16: Bueno

(Resolución N° 03057-2023-UNHEVAL/EPG)



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN



ESCUELA DE POSGRADO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe:

Dr. Amancio Ricardo Rojas Cotrina

HACE CONSTAR:

Que, la tesis titulada: **“ABSORCIÓN DE NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO DE TRES VARIEDADES DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) EN ACUAPONÍA CON TILAPIA (*Oreochromis niloticus*)”**, realizado por la Maestranta en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, mención en Gestión Ambiental, **Fiorella Marilu AGUIRRE GOMEZ**, cuenta con un **índice de similitud del 15%**, verificable en el Reporte de Originalidad del software Turnitin. Luego del análisis se concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio; por lo expuesto, la Tesis cumple con las normas para el uso de citas y referencias, además de no superar el 20,0% establecido en el Art. 233° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado Modificado de la UNHEVAL (Resolución Consejo Universitario N° 0720-2021-UNHEVAL, del 29.NOV.2021).

Cayhuayna, 14 de agosto de 2023.



Dr. Amancio Ricardo Rojas Cotrina
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE POSGRADO

NOMBRE DEL TRABAJO

**ABSORCIÓN DE NITRÓGENO, FOSFORO
Y POTASIO DE TRES VARIEDADES DE LE
CHUGA (Lactuca sativa L.) EN ACUAPON
IA CON TILAPIA (Oreochromis niloticus)**

AUTOR

IORELLA MARILU AGUIRRE GOMEZ

RECUENTO DE PALABRAS

10536 Words

RECUENTO DE CARACTERES

54437 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

50 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

406.9KB

FECHA DE ENTREGA

Aug 14, 2023 12:15 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Aug 14, 2023 12:16 PM GMT-5

● 15% de similitud general

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

- 15% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossr

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DIGITAL Y DECLARACIÓN JURADA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR UN GRADO ACADÉMICO O TÍTULO PROFESIONAL

1. Autorización de Publicación: (Marque con una "X")

Pregrado		Segunda Especialidad		Posgrado:	Maestría	X	Doctorado	
----------	--	----------------------	--	-----------	----------	---	-----------	--

Pregrado (tal y como está registrado en SUNEDU)

Facultad	
Escuela Profesional	
Carrera Profesional	
Grado que otorga	
Título que otorga	

Segunda especialidad (tal y como está registrado en SUNEDU)

Facultad	
Nombre del programa	
Título que Otorga	

Posgrado (tal y como está registrado en SUNEDU)

Nombre del Programa de estudio	MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL
Grado que otorga	MAESTRO EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL

2. Datos del Autor(es): (Ingrese todos los datos requeridos completos)

Apellidos y Nombres:	AGUIRRE GOMEZ FIORELLA MARILU							
Tipo de Documento:	DNI	X	Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	996784314
Nro. de Documento:	72107714					Correo Electrónico:	fmaguirreg@epgunheval.edu.pe	

Apellidos y Nombres:								
Tipo de Documento:	DNI		Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	
Nro. de Documento:						Correo Electrónico:		

Apellidos y Nombres:								
Tipo de Documento:	DNI		Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	
Nro. de Documento:						Correo Electrónico:		

3. Datos del Asesor: (Ingrese todos los datos requeridos completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Asesor)

¿El Trabajo de Investigación cuenta con un Asesor?: (marque con una "X" en el recuadro del costado, según corresponda)	SI	X	NO					
Apellidos y Nombres:	ROBLES HUAGNATE RIZAL ALCIDES			ORCID ID:	0000-0001-8013-2481			
Tipo de Documento:	DNI	X	Pasaporte		C.E.		Nro. de documento:	042220958

4. Datos del Jurado calificador: (Ingrese solamente los Apellidos y Nombres completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Jurado)

Presidente:	MATOS RAMIREZ ANA MARIA
Secretario:	VILLAVICENCIO GUARDIA PEDRO
Vocal:	CORDOVA RUIZ RUTH
Vocal:	
Vocal:	
Accesitario	


5. Declaración Jurada: (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)

a) Soy Autor (a) (es) del Trabajo de Investigación Titulado: (Ingrese el título tal y como está registrado en el Acta de Sustentación)
ABSORCIÓN DE NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO DE TRES VARIEDADES DE LECHUGA (<i>Lactuca sativa L.</i>) EN ACUAPONÍA CON TILAPIA (<i>Oreochromis niloticus</i>)
b) El Trabajo de Investigación fue sustentado para optar el Grado Académico ó Título Profesional de: (tal y como está registrado en SUNEDU)
MAESTRO EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL
c) El Trabajo de investigación no contiene plagio (ninguna frase completa o párrafo del documento corresponde a otro autor sin haber sido citado previamente), ni total ni parcial, para lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias.
d) El trabajo de investigación presentado no atenta contra derechos de terceros.
e) El trabajo de investigación no ha sido publicado, ni presentado anteriormente para obtener algún Grado Académico o Título profesional.
f) Los datos presentados en los resultados (tablas, gráficos, textos) no han sido falsificados, ni presentados sin citar la fuente.
g) Los archivos digitales que entrego contienen la versión final del documento sustentado y aprobado por el jurado.
h) Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán (en adelante LA UNIVERSIDAD), cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del Trabajo de Investigación, así como por los derechos de la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y frente a terceros de cualquier daño que pudiera ocasionar a LA UNIVERSIDAD o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causas en la tesis presentada, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNIVERSIDAD en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

6. Datos del Documento Digital a Publicar: (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)

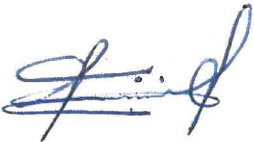

Ingrese solo el año en el que sustentó su Trabajo de Investigación: (Verifique la Información en el Acta de Sustentación)			2023
Modalidad de obtención del Grado Académico o Título Profesional: (Marque con X según Ley Universitaria con la que inició sus estudios)	Tesis	X	Tesis Formato Artículo
	Trabajo de Investigación		Trabajo de Suficiencia Profesional
	Trabajo Académico		Otros (especifique modalidad)
Palabras Clave: (solo se requieren 3 palabras)	SISTEMAS ACUAPÓNICOS	ABSORCIÓN	FILTRO BIOLÓGICO
Tipo de Acceso: (Marque con X según corresponda)	Acceso Abierto	X	Condición Cerrada (*)
	Con Periodo de Embargo (*)		Fecha de Fin de Embargo:
¿El Trabajo de Investigación, fue realizado en el marco de una Agencia Patrocinadora? (ya sea por financiamientos de proyectos, esquema financiero, beca, subvención u otras; marcar con una "X" en el recuadro del costado según corresponda):	SI	NO	X
Información de la Agencia Patrocinadora:			

El trabajo de investigación en digital y físico tienen los mismos registros del presente documento como son: Denominación del programa Académico, Denominación del Grado Académico o Título profesional, Nombres y Apellidos del autor, Asesor y Jurado calificador tal y como figura en el Documento de Identidad, Título completo del Trabajo de Investigación y Modalidad de Obtención del Grado Académico o Título Profesional según la Ley Universitaria con la que se inició los estudios.



7. Autorización de Publicación Digital:

A través de la presente. Autorizo de manera gratuita a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán a publicar la versión electrónica de este Trabajo de Investigación en su Biblioteca Virtual, Portal Web, Repositorio Institucional y Base de Datos académica, por plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente. Se autoriza cambiar el contenido de forma, más no de fondo, para propósitos de estandarización de formatos, como también establecer los metadatos correspondientes.

		
Firma:		
Apellidos y Nombres:	AGUIRRE GOMEZ FIORELLA MARILU	Huella Digital
DNI:	72107714	
Firma:		
Apellidos y Nombres:		Huella Digital
DNI:		
Firma:		
Apellidos y Nombres:		Huella Digital
DNI:		
Fecha: 23/10/2023		

Nota:

- ✓ No modificar los textos preestablecidos, conservar la estructura del documento.
- ✓ Marque con una X en el recuadro que corresponde.
- ✓ Llenar este formato de forma digital, con tipo de letra **calibri**, **tamaño de fuente 09**, manteniendo la alineación del texto que observa en el modelo, sin errores gramaticales (*recuerde las mayúsculas también se tildan si corresponde*).
- ✓ La información que escriba en este formato debe coincidir con la información registrada en los demás archivos y/o formatos que presente, tales como: DNI, Acta de Sustentación, Trabajo de Investigación (PDF) y Declaración Jurada.
- ✓ Cada uno de los datos requeridos en este formato, es de carácter obligatorio según corresponda.